

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Análise da Viabilidade de Serviços ESCO com base em soluções de Aquecimento a *Pellets*

Jorge Miguel Coelho Salústio

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrónica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professora Doutora Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão

Co-orientador: Mestre em Engenharia Pedro Manuel Pereira Fonseca Santos

Julho de 2009

Análise da Viabilidade de Serviços ESCO com base em soluções de Aquecimento a *Pellets*

Jorge Miguel Coelho Salústio

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrónica e de Computadores
Major Energia

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Professor Doutor Artur Manuel de Figueiredo Fernandes e Costa

Arguente: Professor Doutor Custódio João Pais Dias

15 de Julho de 2009

Resumo

O actual panorama energético é de extrema preocupação, prevendo-se um agravamento do sector da energia no futuro. É necessária uma crescente e contínua consciencialização por parte da população para que o uso racional da energia assuma uma importância cada vez maior. A União Europeia, nas últimas décadas, tem tomado inúmeras medidas com o objectivo de combater e mudar o futuro pouco favorável que se está a aproximar.

Associado a esta dinâmica de mudança, aparece o incitamento à exploração de energias renováveis, onde se encontra englobada a biomassa.

Sendo um tipo de biomassa florestal, os pellets destacam-se como uma alternativa real aos combustíveis fósseis, contribuindo para o potencial de um mundo que se pretende enquadrado num desenvolvimento sustentável.

As empresas prestadoras de serviços energéticos surgem como fortes impulsionadoras da reeducação em matéria de energia, oferecendo soluções baseadas em energias "limpas" como alternativa aos sistemas convencionais que usam combustíveis fósseis. Uma grande parte da implementação destas soluções implica um investimento inicial, não havendo, na maioria dos casos, capacidade financeira para efectuar tais investimentos. Surge assim o conceito ESCO onde têm destaque os chamados contratos de desempenho, baseados em eficiência energética, e onde a remuneração tem origem nas poupanças energéticas que o cliente obtém depois de serem tomadas as medidas de eficiência.

O uso de um sistema para aquecimento baseado numa caldeira a pellets é uma alternativa apresentada pelas empresas prestadoras de serviços, apesar do conhecimento e aplicação desta fonte de energia se encontrar ainda pouco divulgado, sendo desconhecido para a maioria das pessoas.

Foram elaborados estudos económicos em aplicações reais, com o objectivo de acentuar a posição dos sistemas de aquecimento baseados em caldeiras a pellets como uma alternativa viável. Foi, ainda, estudada a aplicação de contratos de desempenho a sistemas deste tipo, bem como todos os custos e proveitos da sua aplicação - custos de investimento, exploração, manutenção, poupanças energéticas, entre outros.

Palavras-chave: *Pellets*; Caldeiras a *Pellets*; ESCO; Contratos ESCO; EPC.

Abstract

The current energy panorama is of extreme concern, foreseeing an aggravation in the future. Higher consciousness from population is required towards a rational use of energy. The European Union, in these last few decades, launched countless measures with the objective to fight and to change the adverse future that is approaching.

In line with this dynamics of change, is the incentive to explore renewable energies, where the biomass is included.

Being a type of forest biomass, pellets are distinguished as a real alternative to fossil fuels contributing to the potential of a world that foresees a sustainable development.

The companies of energy services appear as strong boosters to the energy re-education, offering solutions based on "clean" energies as alternative to the conventional systems using fossil fuels. A great number of foreseen solutions imply an initial investment but, in the majority of cases, there is no financial capability for such investments. The concept ESCO appears with the performance contracts, based in energy efficiency. In these contracts, remuneration comes from energy savings that customer gets after applying the measures of efficiency.

The use of a system for heating based on a wood pellet boiler is an alternative presented by energy service companies although the knowledge and application of this energy source is still scarce and unknown by the majority.

Economic studies in real applications were elaborated, being the objective to highlight that heating systems based in pellet boilers are a viable alternative. It was also studied the application of performance contracts to this solution, as well as costs and profits involved costs of investment, operation, maintenance, and energy savings, among others.

Keywords: Pellets; Pellet Boilers; ESCO; ESCO Contracts; EPC.

Resumé

L'actuelle situation énergétique est d'extrême préoccupation, en se prévoyant une aggravation du secteur de l'énergie à l'avenir. Il est nécessaire une croissante et continue prise de conscience de part de la population pour que l'utilisation rationnelle de l'énergie suppose une importance à chaque fois plus grande. L'Union Européenne, les dernières décennies, a pris d'innombrables mesures avec l'objectif de combattre et changer l'avenir peu favorable qui s'est en train de s'approcher.

Associé à cette dynamique de changement, il apparaît l'incitation à l'exploitation d'énergies renouvelables, où se trouve englobée la biomasse.

En étant un type de biomasse forestière, les pellets se détachent comme une alternative réelle aux combustibles fossiles, en contribuant au potentiel d'un monde qui se prétend encadrer dans un développement soutenable.

Les sociétés de services énergétiques apparaissent comme de forts agents de la rééducation en matière d'énergie, en offrant solutions basées sur des énergies "propres" comme alternative aux systèmes classiques qui utilisent des combustibles fossiles. Une grande partie de la mise en oeuvre de ces solutions implique un investissement initial, en n'ayant pas, dans la majorité des cas, de la capacité financière pour effectuer tels investissements. Il apparaît ainsi le concept ESCO où se détachent les appelés contrats de performance basés sur efficacité énergétique, dont la rémunération aura leur origine dans les économies énergétiques que le client obtient après avoir pris les mesures d'efficacité.

L'utilisation d'un système pour chauffage basé sur une chaudière à pellets est une alternative présentée par ces sociétés de services, malgré la connaissance et application de cette source d'énergie se trouve encore peu divulgué, en étant méconnue pour la majorité des personnes.

Dans ce travail ont été élaborées des études économiques avec d'applications réelles dans l'objectif d'accentuer la position des systèmes de chauffage basés sur des chaudières à pellets comme une solution réelle et viable. Ils ont été étudiés les coûts et les avantages de l'application de cette solution, tels que les coûts d'investissement, de l'exploration, de la manutention, des économies énergétiques, entre autres.

Mots-clés: Pellets; Chaudière à pellets; ESCO; ESCO Contrats; EPC.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à minha mãe e à minha irmã por todo o apoio que sempre me deram, por terem acreditado sempre em mim e por me terem ajudado nos momentos mais difíceis.

Quero agradecer à minha orientadora, a Professora Doutora Maria Teresa Costa Pereira da Silva Ponce de Leão, por toda a disponibilidade, por todo o apoio que me deu, durante o semestre em que realizei a dissertação.

Agradeço também ao meu co-orientador Mestre Engenheiro Pedro Manuel Pereira Fonseca Santos por toda a disponibilidade e ajuda que me prestou ao longo desta dissertação.

Por último, não podia deixar de agradecer a todos os meus amigos pelos grandes momentos passados ao longo destes anos de faculdade.

Jorge Miguel Coelho Salústio

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.1.1	Tipos de biomassa	7
1.2	Motivação	9
1.3	Objectivos	10
1.4	Estrutura	11
2	Estado da Arte	13
2.1	<i>Pellets</i> de madeira: o que são?	13
2.2	<i>Pellets</i> de madeira VS Estilhas de madeira	15
2.3	<i>Pellets</i> de madeira VS Fuelóleo	16
2.4	Características e Normas	17
2.5	Vantagens	19
2.6	Desvantagens	21
2.7	Processo de Produção	21
2.7.1	Matéria-prima	23
2.7.2	Processo de Peletização	23
2.7.3	Distribuição	27
2.8	Situação Internacional	28
2.9	Situação Nacional	32
2.10	Impactos ambientais	34
2.11	Legislação e Benefícios Fiscais	37
2.11.1	Regulamentos em vigor	37
2.11.2	Incentivos em vigor	38
2.11.3	Competitividade dos <i>Pellets</i> no mercado energético: Análise SWOT	39
3	Análise Técnica da Solução de Aquecimento a <i>Pellets</i>	41
3.1	<i>Pellets</i> como Solução de Aquecimento	41
3.2	Sectores de Aplicação	42
3.3	Aspectos Construtivos da Caldeira	42
3.4	Manutenção da Caldeira	44
3.5	Automatização da Caldeira	44
3.6	Sistemas de Descargas de Cinzas	45
3.7	Sistemas de Armazenamento	45
3.7.1	Tipos de Descarga	46
3.8	Dimensionamento do Armazenamento	47
3.9	Seleção da Caldeira	49

3.9.1	Gama de Potências e Eficiência Energética	50
3.9.2	Potência Instalada e Necessidade de Combustível	51
3.10	Ruído associado ao Sistema	52
3.11	Sistemas Híbridos	53
3.11.1	Definição	53
3.11.2	Solar Térmico e Caldeira a <i>Pellets</i>	53
3.11.3	Configurações do Sistema	54
3.12	Metodologia de escolha da Potência do Sistema a <i>Pellets</i>	55
4	Poupanças verificadas em Sistemas de Caldeiras a <i>Pellets</i>	57
4.1	Exemplo Nacional	57
4.1.1	Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel	57
4.2	Exemplo Internacional	61
4.2.1	Central de Produção de Calor de <i>Eberswalde</i> (Alemanha)	61
4.3	Conclusões	63
5	ESCOS	65
5.1	Definição	65
5.2	ESCO e o Actual Contexto Energético	66
5.3	Tipos de ESCOS	67
5.4	Tipos de Contrato ESCO	68
5.4.1	<i>Build-Own-Operate-Transfer</i>	68
5.4.2	Contrato Projecto	68
5.4.3	Contrato de Instalação	68
5.4.4	Contrato ESCO	69
5.5	<i>Energy Performance Contract</i>	70
6	Análise Económica de Casos Práticos	71
6.1	Caso 1: Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria	72
6.1.1	Sistema Actual e Proposta de Sistema a <i>Pellets</i>	72
6.1.2	Sistema a <i>Pellets</i> : Contratos ESCO	73
6.1.3	Proposta de Sistema Híbrido e comparação com Sistema a <i>Pellets</i>	76
6.1.4	Sistema a <i>Pellets</i> vs Cogeração	79
6.1.5	Análise aos Contratos ESCO dos três Sistemas Considerados	82
6.1.6	Efeito da taxa de IVA	86
6.2	Caso 2: Lar Residencial para Idosos situado no Grande Porto	88
6.2.1	Sistema a <i>Pellets</i> : Contratos ESCO	88
6.2.2	Proposta de Sistema Híbrido e comparação com Sistema a <i>Pellets</i>	89
6.3	Caso 3: Piscina Privada situada no Grande Porto	89
6.3.1	Sistema Actual e Proposta de Sistema a <i>Pellets</i>	89
6.3.2	Sistema a <i>Pellets</i> : Contratos ESCO e efeito da taxa de IVA	90
6.4	Caso 4: Piscina situada no Nordeste Transmontano	91
6.4.1	Sistema Actual e Proposta de Sistema a <i>Pellets</i>	91
6.4.2	Sistema a <i>Pellets</i> : Contratos ESCO	91
6.5	Caso 5: Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa	91
6.5.1	Sistema Actual e Proposta de Sistema a <i>Pellets</i>	92

6.6	Análise das tarifas	92
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	101
	Referências	104
A	Do processo de determinação da potência da caldeira e custo total anual em pellets	109
B	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade)	111
C	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade)	113
D	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	115
E	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) com dedução de IVA	117
F	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) com dedução de IVA	119
G	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) SISTEMA DE COGERAÇÃO	121
H	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) SISTEMA DE COGERAÇÃO	123
I	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> SISTEMA DE COGERAÇÃO	125
J	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) SISTEMA HÍBRIDO	127
K	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) SISTEMA HÍBRIDO	129
L	Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> SISTEMA DE HÍBRIDO	131
M	Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade)	133
N	Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade)	135

O	Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	137
P	Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade)	139
Q	Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade)	141
R	Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	143
S	Piscina situada no Nordeste Transmontano Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade)	145
T	Piscina situada no Nordeste Transmontano Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade)	147
U	Piscina situada no Nordeste Transmontano Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	149
V	Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade)	151
W	Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade)	153
X	Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	155

Lista de Figuras

1.1	Mapa de Consumo de Electricidade Mundial [1].	1
1.2	Emissões de CO2 a nível Mundial [2].	2
1.3	Consumo Final por Sector em Portugal [3].	4
1.4	Peso da produção de energia eléctrica a partir de energias renováveis na produção bruta mais saldo importador, em 2006 [4].	6
1.5	Hierarquia da Energia [5].	9
2.1	Pellets [6].	14
2.2	Quadro relativo às características físicas e parâmetros de fabrico dos pellets madeira [7].	18
2.3	Representação gráfica relativa ao preço de diversos combustíveis [8]. . .	19
2.4	Processo típico de Produção de Pellets [9].	22
2.5	Máquina peletizadora com matriz plana (disco) [7].	26
2.6	Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel) [10]. .	27
2.7	Compressão do material através dos furos existentes no disco [11].	28
2.8	Vários discos constituintes de uma máquina peletizadora de matriz plana [12].	29
2.9	Gráfico circular relativo à distribuição por Produção de Pellets na Europa [9].	30
2.10	Pellets Map de Lennart Ljungblom [13].	31
2.11	Aplicação por sector de Pellets em alguns países da Europa, Canadá e Estados Unidos da América [9].	31
2.12	Comparação do preço de diferentes combustíveis até ano de 2008 [14]. .	32
2.13	Emissões de CO2 para diferentes combustíveis [15].	35
2.14	Ciclo fechado de carbono [16].	36
3.1	Ilustração lateral de uma Caldeira a <i>Pellets</i> [17].	43
3.2	Legenda da Ilustração lateral de uma Caldeira a <i>Pellets</i> [17].	43
3.3	Descarga Horizontal com agitador da mola com parafuso em ascensão [17].	46
3.4	Descarga Transversal com agitador da mola [17].	47
3.5	Descarga através de chão hidráulico andante [17].	47
3.6	Descarga Horizontal com agitador de mola e rampa de queda [17].	47
3.7	Descarga através do parafuso do pêndulo do silo [17].	48
3.8	Sistema composto por dois circuitos com armazenamento de água descentralizado [18].	54
3.9	Sistema de dois circuitos com produção directa de água quente [18]. . . .	55
4.1	Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel localizado na Vila de Marvão. . . .	57

4.2	Consumo de gásóleo por parte do sistema convencional [19].	59
5.1	Distribuição de proveitos com origem em medidas de eficiência energética [20] [21].	70
6.1	Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>shared savings</i> (1ª modalidade). . . .	82
6.2	Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>shared savings</i> (1ª modalidade).	83
6.3	Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>shared savings</i> (2ª modalidade). . . .	83
6.4	Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>shared savings</i> (2ª modalidade).	84
6.5	Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>guaranteed savings</i>	84
6.6	Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo <i>guaranteed savings</i>	85
6.7	Gráfico das Poupanças Líquidas Totais resultantes dos três sistemas analisados.	85
6.8	Gráfico do Investimento Inicial para os três sistemas analisados.	86
A.1	Quadro ilustrativo do processo de cálculo da potência da caldeira e custo total anual em pellets.	110
B.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade).	112
C.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade).	114
D.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	116
E.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) com contabilização do efeito do IVA.	118
F.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) com contabilização do efeito do IVA.	120
G.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) (Sistema de Cogeração).	122
H.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) (Sistema de Cogeração).	124
I.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> (Sistema de Cogeração). . .	126
J.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) (Sistema Híbrido). .	128
K.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) (Sistema Híbrido). .	130
L.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> (Sistema Híbrido).	132
M.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade).	134

N.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade).	136
O.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i>	138
P.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) (Piscina Privada).	140
Q.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) (Piscina Privada).	142
R.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> (Piscina Privada).	144
S.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) (Piscina Nordeste Transmontano).	146
T.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) (Piscina Nordeste Transmontano).	148
U.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> (Piscina Nordeste Transmontano).	150
V.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) (Indústria de Secagem).	152
W.1	Contrato ESCO do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) (Indústria de Secagem).	154
X.1	Contrato ESCO do tipo <i>Guaranteed Savings</i> (Indústria de Secagem).	156

Lista de Tabelas

2.1	Características de Pellets de madeira vs Estilhas de madeira [7] [22]. . .	16
2.2	Análise SWOT dos <i>pellets</i> como recurso renovável.	39
3.1	Composição media das cinzas [18].	45
3.2	Diferentes potências de caldeiras a <i>pellets</i> da marca STU [23].	50
3.3	Diferentes potências de caldeiras a <i>pellets</i> da marca Herz [17].	50
3.4	Diferentes potências de caldeiras a <i>pellets</i> da marca BIOCALORA [24]. .	51
3.5	Eficiência energética para cada tipo de caldeira a <i>pellets</i> da marca STU [23].	51
3.6	Diferentes eficiências energéticas de caldeiras a <i>pellets</i> da marca BIOCALORA [24].	51
4.1	Plano Financeiro do projecto [19].	61
4.2	Plano Financeiro do projecto.	64
6.1	Dados do actual sistema de produção de calor do Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.	72
6.2	Dados do novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.	73
6.3	Dados do investimento inicial no novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.	73
6.4	Dados dos custos operacionais do novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.	74
6.5	Descrição do Leasing e Seguro para um contrato de 10 anos.	74
6.6	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade).	75
6.7	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade).	75
6.8	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Guaranteed Savings</i> . .	76
6.9	Dados sobre o Sistem Solar Térmico considerado no projecto da Santa Casa da Misericórdia situada na região de Leiria.	77
6.10	Comparação entre o custo total anual do Sistema a <i>Pellets</i> e o custo total anual do Sistema Híbrido.	77
6.11	Comparação entre o Leasing, Seguro e Entrada Inicial do Sistema a <i>Pellets</i> e do Sistema Híbrido.	77
6.12	Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo <i>shared savings</i> (1ª modalidade).	78

6.13	Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo <i>shared savings</i> (2ª modalidade).	78
6.14	Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo <i>guaranteed savings</i> .	78
6.15	Dados de consumo e produção totais anuais do sistema de cogeração.	79
6.16	Dados do investimento inicial do sistema <i>pellets</i> e do sistema de cogeração.	80
6.17	Dados dos custos de operação do sistema a <i>pellets</i> e do sistema de cogeração.	80
6.18	Comparação entre o <i>leasing</i> , seguro e entrada inicial do sistema a <i>pellets</i> e do sistema de cogeração.	80
6.19	Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo <i>shared savings</i> (1ª modalidade).	81
6.20	Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo <i>shared savings</i> (2ª modalidade).	81
6.21	Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo <i>guaranteed savings</i> .	81
6.22	Efeito do IVA sobre os custos dos contratos considerados.	87
6.23	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª modalidade) com dedução da taxa de IVA.	88
6.24	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Shared Savings</i> (2ª modalidade) com dedução da taxa de IVA.	89
6.25	Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para o Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.	90
6.26	Custos de operação e leasing do sistema a <i>pellets</i> proposto para o Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.	91
6.27		92
6.28	Dados sobre o Sistema Solar Térmico considerado no projecto do Lar Residencial de Idosos no Grande Porto.	93
6.29	Comparação entre o custo total anual do Sistema a <i>Pellets</i> e o custo total anual do Sistema Híbrido.	94
6.30	Contratos ESCO propostos ao Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.	94
6.31	Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Piscina Privada situada no Grande Porto.	95
6.32	Custos de operação e leasing do sistema a <i>pellets</i> proposto para uma Piscina Privada situada no Grande Porto.	95
6.33	Contratos ESCO propostos à Piscina Privada situada no Grande Porto.	96
6.34	Dados do contrato ESCO para Sistema a <i>Pellets</i> do tipo <i>Shared Savings</i> (1ª e 2ª modalidades) com dedução da taxa de IVA.	96
6.35	Efeito do IVA sobre os custos dos contratos considerados.	97
6.36	Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Piscina situada no Nordeste Transmontano.	97
6.37	Contratos ESCO propostos à Piscina situada no Nordeste Transmontano.	98
6.38	Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.	98
6.39	Contratos ESCO propostos à Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.	99
6.40	(Continuação) Contratos ESCO propostos à Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.	99

6.41	Análise de tarifas para os diferentes casos de estudo sem dedução da taxa de IVA.	99
6.42	Análise de tarifas para os diferentes casos de estudo com dedução da taxa de IVA.	100

Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

ACE	Agrupamentos Complementares de Empresas.
AIE	Agência Internacional de Energia.
AQS	Águas Quentes Sanitárias.
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão.
CEN	Comité Europeu para a Estandardização.
CHP	Combined Heat and Power.
CPE	Contrato de Performance Energética.
CPPP	Contratos de Parceria Público Privadas.
CVR	Centro para a Valorização de Resíduos.
EPC	Energy Performance Contract.
ESCO	Energy Service Company.
EU	European Union.
GEE	Gases do Efeito Estufa.
INESC	Instituto de Engenharia de Sistemas de Computadores do Porto.
INETI	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.
IRS	Imposto sobre Rendimento das Pessoas Singulares.
IVA	Imposto sobre Valor Acrescentado.
I&D	Investigação e Desenvolvimento.
LEP	<i>London Energy Partnership.</i>
MAPE	Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos.
PME	Pequena e Média Empresa.
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.
PNALE	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão.
POE	Programa Operacional da Economia.
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios.
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade.

Lista de Símbolos

TWh	Tera Watt hora.
MWh	Mega Watt hora.
MWh/m^3	Mega Watt hora por metro cúbico.
kW	Quilo Watt.
kWt/ano	Quilo Watt térmico por ano.
kg	Quilograma.
tep	Tonelada equivalente de petróleo.
€	Euro.
€/kWh	Euro por Quilo Watt hora térmico.
€/ton	Euro por tonelada.
ton	Tonelada.
m^3	Metro cúbico.
mg/m^2	Miligrama por metro quadrado.
mg/m^3	Miligrama por metro cúbico.
mm	Milímetro.
CO_2	Dióxido de Carbono.
NO_x	Óxido de azoto.
SO_2	Dióxido de Enxofre.
CO	Monóxido de Carbono.
SiO_2	Sílica ou Dióxido de Silício.
CaO	Óxido de Cálcio.
MgO	Óxido de Magnésio.
K_2O	Óxido de Potássio.
Na_2O	Óxido de Sódio.
P_2O	Óxido de Fósforo.

Glossário

Contrato de *performance* (ou contrato de desempenho) - É um contrato celebrado entre um beneficiário (cliente) e um provedor (normalmente uma ESCO) para a implementação de medidas de eficiência energética onde os investimentos são pagos contratualmente mediante os níveis de eficiência adquiridos [20].

ESCO (*Energy Service Company*) - É uma entidade legal que vende serviços de energia e/ ou outras medidas de melhoria da eficiência energética, aceita um grau de risco financeiro sobre o trabalho que realiza. O pagamento dos seus serviços são baseados (em parte ou completamente) nos critérios de desempenho que consegue alcançar através das medidas de eficiência energética [20].

Estilhas de madeira - são lascas de madeira produzidas a partir dos resíduos de madeira colhidos e processados através de cortadores mecânicos [25].

Estilhamento - O estilhamento pressupõe o processamento da biomassa em bruto e tem por função a produção de um produto final padronizado, a estilha. Este processo pode efectuar-se no local de exploração florestal ou no local de consumo ou transformação (bioparque da fábrica de peletização) [7].

Granulometria - A Granulometria ou Análise Granulométrica dos solos é o processo que visa definir, para determinadas faixas pré-estabelecidas de tamanho de grãos, a percentagem em peso que cada fracção possui em relação à massa total da amostra em análise. A análise granulométrica pode ser realizada por peneiramento, quando temos solos granulares como as areias e os pedregulhos, por sedimentação, no caso de solos argilosos, ou pela combinação de ambos os processos [26].

Higroscópico - os materiais higroscópicos são amplamente utilizados na construção civil, possuem a propriedade de absorver a humidade e, portanto, impedir a evaporação pelos poros. Consistem principalmente em sais. São responsáveis pelos fenómenos patológicos como eflorescências (as eflorescências são depósitos de sais cristalizados que se pousam à superfície dos tijolos sob a forma de manchas geralmente esbranquiçadas) e criptoflorescências (cristalização oculta de sais que acontece no interior dos poros) [26].

Leasing ou (Locação financeira) - é um contrato através do qual a arrendadora ou locadora (a empresa que se dedica à exploração de leasing) adquire um bem escolhido pelo cliente (o arrendatário, ou locatário) para, em seguida, alugá-lo a este último, por um prazo determinado. No fim do contrato, o arrendatário pode optar por: renová-lo por mais um período, por devolver o bem arrendado à arrendadora (que pode exigir ao arrendatário, no contrato, a garantia de um valor residual) ou dela adquirir o bem, pelo valor de mercado ou por um valor residual previamente definido no contrato. O cliente deste tipo de crédito, é, tipicamente, uma empresa, podendo, no entanto, ser, também, contratado por pessoa física [27].

Lignina (ou Lenhina) - A lignina ou lenhina é uma macromolécula tridimensional amorfa encontrada nas plantas terrestres, associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais [27].

NPV (*Net Present Value*) - Usado na análise de investimentos, o NPV é calculado como sendo a diferença entre o valor inicial investido no projecto e o valor presente dos fluxos de caixa projectados deste mesmo projecto. Um projecto cujo NPV seja negativo normalmente deve ser rejeitado [27].

Pellet de madeira - é um aglomerado combustível feito a partir de matéria resultante da limpeza das florestas e dos desperdícios da indústria da madeira, triturada e seca, sendo depois comprimida obtendo a forma final de pequenos cilindros [8].

Retrofitting - é um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma [27].

TIR (Taxa Interna de Retorno) - em inglês IRR (*Internal Rate of Return*), é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. É usada em análise de investimentos onde assume o significado de taxa de retorno de um projecto [27].

Third-party- financing - É um contrato que envolve uma terceira parte que está disposto a investir o capital na totalidade ou em parte das medidas de eficiência propostas no contrato de performance. O retorno do capital é alcançado através de uma percentagem do valor das poupanças adquiridas pela tomada das medidas de eficiência energética. Esta terceira parte pode ser ou não uma ESCO [20].

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O actual cenário energético não se apresenta favorável quando se tenta perspectivar um futuro que garanta pelo menos os actuais níveis de consumo e conforto associados. Todos os indicadores apontam para o crescimento significativo do consumo de energia eléctrica nos próximos anos causado sobretudo pelo crescimento populacional e devido ao excessivo crescimento industrial de alguns países (são exemplos os casos da Índia e China, entre outros).

Segundo dados obtidos através da Agência Internacional de Energia (AIE), prevê-se até 2030 um crescimento da procura de energia de 119% no sector residencial, 97% nos serviços e 86% na indústria. Estima-se que o consumo mundial total de energia eléctrica será de 142080 TWh em 2010 e de 228540 TWh em 2050 [1] [3].

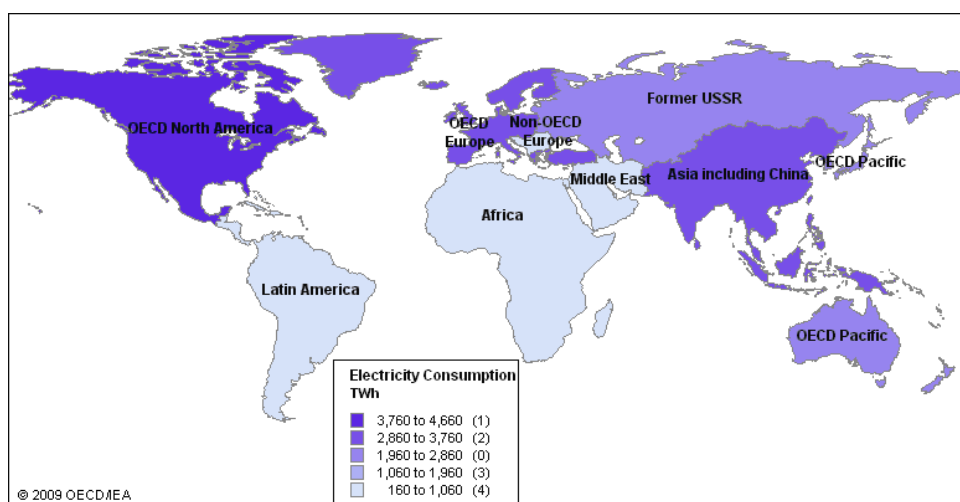


Figura 1.1: Mapa de Consumo de Electricidade Mundial [1].

A produção de energia eléctrica depende, em grande parte, dos combustíveis fósseis

(petróleo, carvão e gás), explorações hídricas (barragens) e das centrais nucleares. Relativamente aos combustíveis fósseis, a sua procura é elevada, existindo incertezas quanto a reservas exploráveis o que se traduz num elevado preço desta matéria-prima [1].

Outro ponto negativo, associado à utilização destas fontes de energia, é o seu elevado grau de emissão de gases poluentes que, no contexto actual, pode implicar pesadas coimas, sem esquecer a presente preocupação ambiental onde factores como a qualidade do ar e o aquecimento global assumem posição de relevo [1].

Figure 8. World Carbon Dioxide Emissions, 2005-2030

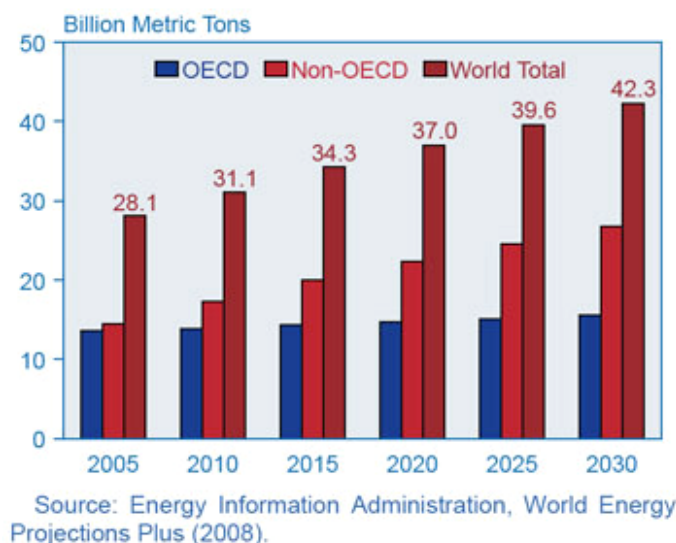


Figura 1.2: Emissões de CO₂ a nível Mundial [2].

A posição relativa à energia nuclear é controversa, uma vez que a sua exploração implica investimentos avultados e elevados riscos ambientais [28]. Neste contexto tem vindo, progressivamente, a ser privilegiada a produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis ou "limpas" [29]. Segundo a Agência Internacional de Energia, prevê-se um acréscimo na obtenção de energia eléctrica a partir de fontes como a Biomassa que passará de 7% para 10%, e Eólica de 2% para 15%, a Fotovoltaica para o 2%, a Energia dos Oceanos para 1% e a Energia Geotérmica de 2% para 3% [3]. Como exemplo, na Europa, a indústria ambiental emprega, actualmente, mais de dois milhões de pessoas. Por outro lado, espera-se que, a nível mundial, em 2010, o volume de negócios na área do ambiente atinja os 750.000 milhões de euros [30]. Na última década têm sido elaborados muitos planos e estratégias com o objectivo de combater as alterações climáticas, promovendo o recurso a energias renováveis para produção de energia eléctrica [31]. Neste contexto, surge o Protocolo de Quioto, criado no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas e aprovado pela Decisão 2002/358/CE do Conselho, de 25 de Abril de 2002. Nele são estabelecidos limites à emissão de gases com

efeito de estufa (GEE) para os países industrializados. Estes terão de emitir, em média, para o período 2008-2012, uma quantidade de gases com efeito de estufa 5,2% inferior à registada em 1990, o ano que serve de referência. Para cada país ou grupo de países foram negociados tectos de emissões para o período 2008-2012, tendo sido atribuído à União Europeia um valor 8% inferior ao que registou em 1990. Para que os limites sejam juridicamente certificados, pelo menos 55 países, responsáveis por pelo menos 55% das emissões, terão de ratificar o Protocolo. Até este momento 111 partes correspondentes a 44,2% das emissões já ratificaram o Protocolo [31] [32]. No seguimento do Protocolo de Quioto, surge o mecanismo de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), efectuado no Mercado Europeu de Carbono. Este teve início em 1 de Janeiro de 2005 e irá estar em vigor durante dois períodos: 2005-2007 e 2008-2012. Prevê-se a participação neste mecanismo de cerca de 8.000-10.000 instalações europeias. Assim, com o aumento do preço do petróleo e com a entrada em funcionamento do mercado do carbono, a produção de *pellets* assume outro destaque. O uso deste tipo de biomassa torna-se vantajoso para instalações afectas ao CELE. Estas possuem um título de emissão e são-lhes atribuídas licenças anuais de emissão de GEE, segundo os planos nacionais de atribuição de licenças de emissão (PNALE). Estas licenças anuais encontram-se definidas em toneladas de CO₂ equivalente e garantem o direito de emissão de uma certa quantidade de GEE. Perante este cenário, pode ocorrer um de dois casos: - a empresa ultrapassa o limite pré-estabelecido de emissões, tendo que obter licenças no Mercado ou então optar por implementar medidas para a redução de emissões de GEE através do recurso a fontes "limpas"; - a empresa não excede os limites de emissão que lhe foram atribuídos, o que lhe confere a oportunidade de vender as licenças excedentes no Mercado.

Se as empresas não tiverem licenças de emissão suficientes para colmatar as suas emissões de GEE, são obrigadas a pagar multas devido ao excedente emitido. O valor das coimas é de 100 euros por cada tonelada de CO₂ emitida em excesso. Ainda assim, uma empresa pode possuir licenças de emissão suficientes e continuar a consumir um combustível fóssil. Neste caso, a empresa está a desaproveitar a possibilidade de vender parte da sua carteira de emissões, tornando-se essencial estudar alternativas de produção com menor quantidade de GEE. Em Janeiro de 2007, a Comissão Europeia apresentou um pacote Energia-Clima, no qual se propõe a fixação das seguintes metas no espaço da União:

- redução em 20% das emissões de gases com efeito de estufa, até 2020, face a 1990;
- redução em 20% do consumo energético da União Europeia, até 2020;
- aumento de 20% de energias renováveis, até 2020;
- 10% de biocombustíveis, até 2020, no volume global de gasolina e gasóleo.

No caso nacional, a tendência de crescimento do consumo verifica-se igualmente e tem-se manifestado nos últimos anos, com especial ênfase para o sector dos transportes [1] [3]. O consumo energético em Portugal no ano de 2007 superou o valor de 30000 ktep, o que é alarmante apesar de cada vez mais população ter consciência do impacto do consumo energético [1] [3]. A energia é um bem escasso, cujo preço apresenta uma tendência crescente. Portugal, que importa cerca de 88% da energia primária que consome, tem uma factura extremamente pesada, que fragiliza a economia e a sociedade em geral, tornando-as dependentes do exterior [31].

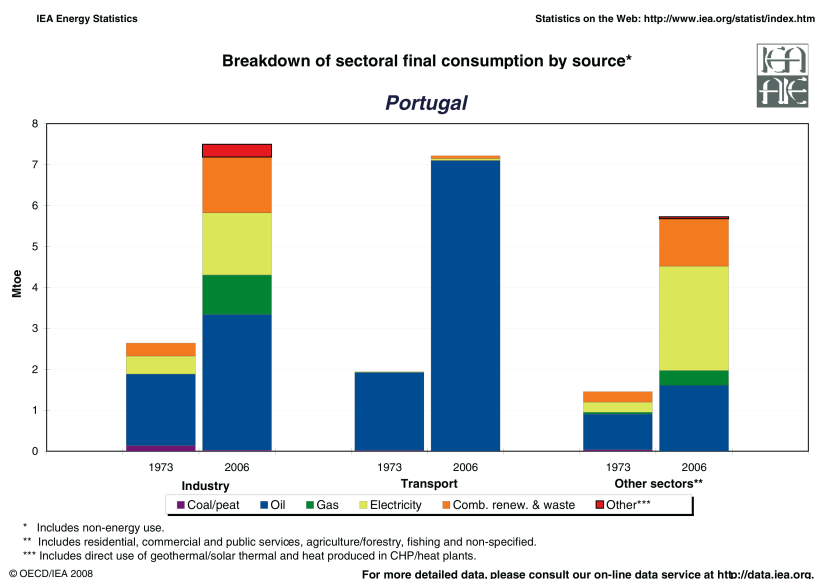


Figura 1.3: Consumo Final por Sector em Portugal [3].

A nível nacional, para além dos planos atrás mencionados, surgiu, em Fevereiro de 2008, o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015 (PNAEE). Trata-se de um plano de acção agregador de um conjunto de programas e medidas de eficiência energética, num horizonte temporal que se estende até ao ano de 2015 [31].

Este plano é orientado para a gestão da procura energética, abrangendo quatro áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado.

Neste plano, há uma aposta clara no incentivo à micro geração, na tentativa de descentralizar a produção. Esta aposta introduz benefícios importantes, uma vez que a produção está próxima do consumo, permitindo adoptar soluções de aproveitamento de energias renováveis flexíveis ao consumo, reduzindo impactos negativos nas redes, aumentando a eficiência e a segurança de abastecimento.

Surgem várias soluções associadas a incentivos económicos para que o conceito de Produção Dispersa se torne cada vez mais uma realidade. A iniciativa "Renováveis na

Hora” é uma das medidas previstas no plano para a política de energia e alterações climáticas, apresentado pelo Ministério da Economia. O objectivo é promover a instalação de 50 mil sistemas fotovoltaicos ou mini-eólicos até 2010, com especial incentivo à instalação de colectores solares para aquecimento de água em habitações existentes [31].

No âmbito deste documento, merece destaque o Plano de Acção para a Promoção da Energia Sustentável no Norte de Portugal. Neste plano, enquadrado no conceito “Sistemas de Conversão Descentralizada” para 2009/2010, encontra-se uma intervenção de “Promoção e Organização da Fileira Biomassa-Conforto”. Esta intervenção refere-se ao apoio a três projectos piloto de fileiras de utilização de biomassa para utilização limpa no quadro doméstico ou outro descentralizado (logística de recolha e distribuição de matéria-prima, fabrico de equipamentos, formatação do combustível *pellets*). Está implícita a problemática do dimensionamento e garantia num tempo adequado à consolidação do negócio do aproveitamento em matéria-prima apropriada; a tecnologia da conversão da biomassa lenhosa em *pellets*; a definição e garantia de uma rede de distribuição e mercado para uma parte significativa da produção; a identificação e promoção dos equipamentos de queima com comprovadas garantias em bens de operacionalidade, economicidade/qualidade de ambiente interior [33].

O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) 2005-2007 português foi aprovado pela Comissão Europeia pela Decisão de 20 de Outubro de 2004, tendo fixado a quantidade total de licenças de emissão a atribuir pelo Governo Português às instalações em 38 161 413 toneladas de CO₂ e a metodologia de atribuição das licenças.

Portugal pode ser considerado um privilegiado no que diz respeito a energia “limpas”, uma vez que possui inúmeros recursos. É óbvio que este factor não é suficiente para a diminuição da dependência de combustíveis fósseis, é também necessário delinear estratégias, promover a constante I&D de novas tecnologias associadas a estes recursos promovidas por instituições como o INETI/LNEG e o INESC entre muitas outras, sendo também necessário promover campanhas com o objectivo de sensibilizar e modificar mentalidades pouco convictas em relação a esta mudança [34]. Portugal não pode desperdiçar as oportunidades geradas pelas tecnologias ambientais. A forte aposta nas energias limpas e na eco-eficiência não representa apenas uma oportunidade económica, permitindo também um cumprimento das cada vez mais exigentes normas ambientais. Neste clima de transição, foram criadas inúmeras empresas prestadoras de serviços energéticos e especializadas na instalação de sistemas de produção renovável aplicados à micro geração [35].

Assim, e no seguimento desta ideia de mudança, a utilização da biomassa, como fonte de energia, surge como uma opção a ser equacionada e fomentada no seio das diversas energias renováveis, pois, para além de, por essa via, se incrementar o aparecimento e desenvolvimento de empresas locais, constitui uma fonte de rendimento alternativa para os agricultores, constituindo-se, ainda, como uma forma de produzir energia com emissões

nulas [36].

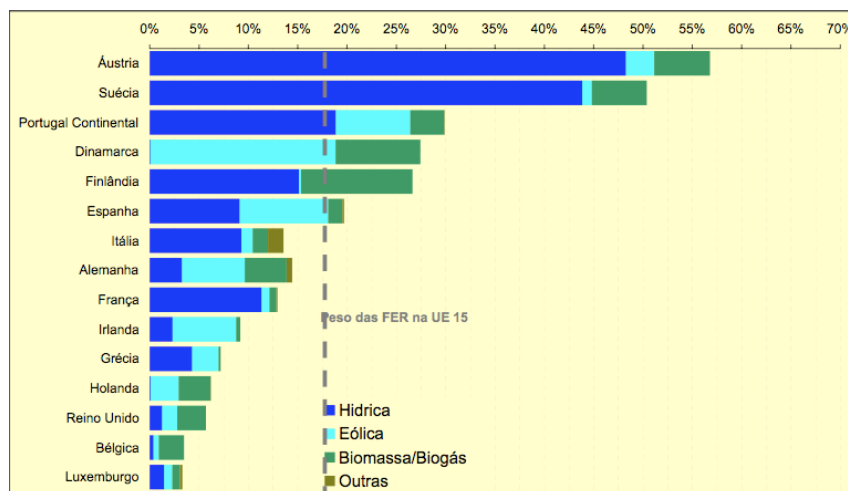


Figura 1.4: Peso da produção de energia eléctrica a partir de energias renováveis na produção bruta mais saldo importador, em 2006 [4].

Facilmente se verifica a existência de uma forte dinâmica na tentativa de mudar hábitos e mentalidades no que diz respeito ao contexto actual da produção e respectivo consumo de energia. Recursos energéticos e situação climática surgem em destaque na preocupação da população mundial. Perante esta situação problemática, as energias renováveis assumem um papel preponderante no futuro da humanidade [34].

O que é, então, a biomassa?

No âmbito da geração de energia, o termo biomassa relaciona-se com os derivados ou resíduos de organismos vivos que podem ser utilizados para a produção de energia. No contexto da ecologia, biomassa é a quantidade total de matéria viva existente num ecossistema ou numa população animal ou vegetal. Assim, os dois conceitos estão interligados, embora se diferenciem [36].

Refira-se que na definição de biomassa, no que diz respeito à geração de energia, excluem-se os combustíveis fósseis, apesar de estes também serem derivados da vida vegetal ou animal, mas são o resultado de múltiplas transformações que demoram milhões de anos. Isto é, a biomassa pode considerar-se um recurso natural renovável, enquanto que os combustíveis fósseis não, pois não se renovam a curto prazo [36] [37].

A biomassa é, assim, uma fonte de energia que deriva de:

- produtos e sub-produtos da floresta;
- resíduos da indústria da madeira;
- resíduos de culturas agrícolas;
- efluentes domésticos, de instalações agro-pecuárias e de indústrias agro-alimentares (lacticínios, matadouros, etc.);

- resíduos sólidos urbanos;
- culturas energéticas;
- outros como, por exemplo, a biomassa das microalgas.

De acordo com a Directiva 2001/77/EC, de 27 de Setembro de 2001, a biomassa define-se como "a fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos" [38].

Uma vez que se encontra intimamente ligado à biomassa define-se, também, o conceito de biocombustível, que se entende como o combustível líquido ou gasoso para transportes produzido a partir de biomassa. Os principais biocombustíveis utilizados e produzidos a nível mundial, na actualidade, são o bioetanol e o biodiesel [39].

Assim, da exposição anterior conclui-se que a biomassa passível de ser utilizada para a produção de energia eléctrica/calorífica pode ser de dois tipos, quando classificada de acordo com a sua proveniência:

- biomassa resultante da actividade humana (agrícola, florestal, industrial, doméstica), constituindo-se como resíduos e subprodutos;
- biomassa produzida para fins energéticos (produção dedicada) [36] [39].

1.1.1 Tipos de biomassa

Existem três tipos de biomassa:

- biomassa sólida;
- biocombustíveis gasosos (biogás);
- biocombustíveis líquidos (biodiesel, bioetanol).

Neste trabalho, será dado especial destaque à biomassa sólida. Ainda hoje, tal como nos primórdios da humanidade, a utilização de lenha em lareiras para aquecimento ambiente e para cozinhar representa a forma mais vulgar e tradicional de uso deste combustível renovável. No entanto, o desenvolvimento tecnológico pôs ao nosso dispor meios mais eficientes de utilizar a biomassa sólida como fonte de energia [39].

Inúmeras indústrias usam a madeira como matéria-prima, tais como a indústria de mobiliário, corticeira, alimentar, entre outras, resultando do processo grandes quantidades de resíduos. Em grande parte dos casos, esses resíduos assumem-se como um grave problema justificado pela sua quantidade, dispersão e dificuldade de manuseamento fazendo com que este tipo de resíduo seja um grande passivo ambiental [39] [40].

Existem muitos de produtos de biomassa sólida no mercado, que podem ser usados em combustão ou sistemas de gaseificação. A maioria das fontes destes produtos de energia são florestais e agrícolas, assim como o sector de matérias-primas secundárias. Neste grupo de biomassa estão incluídos os *pellets* e as estilhas de madeira [41].

A produção de energia a partir da combustão directa (queima) de biomassa é, actualmente, a tecnologia mais comum e utilizada. As características desta como combustível são fundamentais para garantir uma utilização simples e confortável. Nesse sentido, é necessário que esta seja submetida a alguns pré-tratamentos (trituração, secagem ou compactação), de forma a reduzir e homogeneizar o tamanho das suas partículas facilitando o seu manuseamento e melhorando o seu conteúdo energético. A compactação de, por exemplo, resíduos florestais em *pellets* e briquetes, surge como uma solução prática que permite uma alimentação automática dos sistemas de queima, sem intervenção constante do utilizador. Nesses casos, é necessário existir um depósito para armazenamento da biomassa sólida e de um sistema de transporte e alimentação, preparado de forma a permitir um funcionamento autónomo do sistema [41] [25].

Actualmente, existe uma grande gama de equipamentos de combustão de acordo com a aplicação final a que se destinam, variando na dimensão, número e tipo de elementos auxiliares, potência instalada, etc. Existem disponíveis equipamentos desde a simples salamandra, ao recuperador de calor para aquecimento ambiente, à caldeira de biomassa para aquecimento de água e do ambiente, às centrais dedicadas à produção de electricidade [41].

Nos países nórdicos, é comum existirem redes locais de produção e distribuição de calor, as quais são utilizadas, quer para produção de água quente, quer para aquecimento ambiente. Em muitas dessas situações, a biomassa é utilizada como combustível em grandes caldeiras para produção central de calor e/ou electricidade, sendo a energia térmica distribuída na forma de um fluido que circula por uma rede de tubos subterrâneos que serve a zona urbana abrangida. Na prática, funciona como uma vulgar rede de distribuição de gás mas em que a energia é distribuída como fluido quente e não como combustível gasoso [25].

Numa escala superior, existem grandes sistemas de cogeração ou centrais termoeléctricas, com caldeiras acopladas a grupos turbina-gerador (turbina a vapor ou turbina a gás) que permitem a produção de electricidade, combinada ou não com a produção de calor (cogeração), bem como grandes fornos (incineradores) funcionando a elevadas temperaturas capazes de queimar milhares de toneladas de resíduos sólidos urbanos, produzindo energia térmica [41] [25].

1.2 Motivação

Actualmente, a necessidade de redução dos consumos é uma preocupação cada vez mais importante, o que pode ser conseguido através de um uso eficiente de energia, bem como de uma diminuição da dependência dos combustíveis fósseis através da exploração de recursos endógenos, de forma a reduzir as emissões de gases poluentes para a atmosfera, cumprindo assim as metas europeias estipuladas.

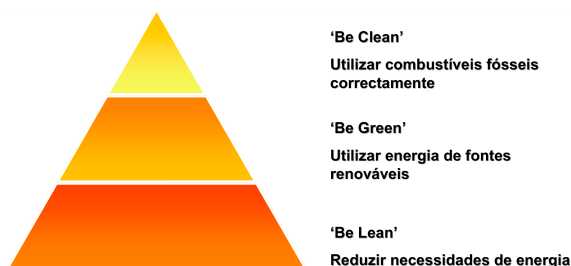


Figura 1.5: Hierarquia da Energia [5].

A Biomassa, em particular o aquecimento a partir de *pellets*, assume-se como uma alternativa aos sistemas convencionais que funcionam a partir de combustíveis fósseis.

Esta forma de energia pode ser usada num conjunto diversificado de instalações, tais como Piscinas Municipais, Hospitais, Hotéis, Santas Casas da Misericórdia, entre outras e onde há sobretudo um elevado consumo térmico.

Portugal é um país sem recursos petrolíferos, mas rico em recursos renováveis, como a biomassa. Existe uma grande quantidade de biomassa disponível, especialmente resíduos florestais, que se explorada convenientemente poderá contribuir para o desenvolvimento industrial, criando postos de trabalho. Tal como acontece com as outras fontes renováveis, também neste caso o sucesso depende da viabilidade do investimento. Há necessidade de aplicar um capital inicial, o que condiciona as decisões. Assim, é necessário demonstrar as vantagens da implementação destes sistemas, através da análise de longo-prazo do investimento.

A implementação de uma caldeira ou fogão que usa como combustível os *pellets* é já uma solução apresentada por algumas empresas prestadoras de serviços energéticos. Neste grupo de empresas, surge o conceito ESCO.

Uma ESCO ("Energy Service Company") é uma entidade legal que vende serviços de energia e medidas que garantem uma melhoria da eficiência energética, participando no investimento em causa.

O risco financeiro sobre o investimento em causa está implícito num contrato de desempenho entre o cliente e a empresa, envolvendo um pacote de serviços e/ou medidas. Os pagamentos dos serviços prestados pela empresa são baseados nos critérios de desempenho que consegue atingir através das medidas de eficiência energética tomadas. No

caso de ser necessário realizar um investimento inicial elevado ou mesmo numa situação em que nem o cliente nem a empresa têm poder económico suficiente, existe sempre a hipótese de realizar um *third-party-financing*, que é um contrato que envolve uma terceira parte que investe o capital na totalidade ou em parte das medidas de eficiência propostas no contrato de desempenho. O retorno do capital é alcançado através de uma percentagem do valor das poupanças adquiridas pela tomada das medidas de eficiência. Esta terceira parte pode ser a própria ESCO ou uma entidade bancária.

Este novo conceito de empresa engloba também no seu rol de opções técnicas o uso de biomassa, particularmente o aquecimento a *pellets* através de uma caldeira ou fogão.

No entanto, face à novidade do conceito, existe ainda alguma incerteza e desconfiança quanto a este tipo de soluções.

Na presente dissertação pretende-se reunir, numa só, todas as informações técnicas bem como um estudo da distribuição de custos e proveitos relativos à implementação de um sistema de aquecimento a *pellets* com aplicação em diferentes instalações. Pretende-se desenvolver uma metodologia que sirva de apoio a este tipo de estudo.

Serão analisados os contratos ESCO existentes para este tipo de solução técnica, bem como será feita uma análise económica que englobe tudo que seja necessário para a implementação de um projecto baseado numa caldeira a *pellets*.

Será efectuada uma análise económica comparativa entre sistemas convencionais que utilizem gás natural ou gás propano e sistemas que usam *pellets*, e serão apresentados os resultados finais.

Desta forma é possível criar um documento que permita padronizar a implementação de projectos desta natureza nos sectores considerados. Será referenciado um sistema híbrido composto por um sistema de aquecimento a *pellets* e um sistema solar térmico. A opção por um sistema híbrido é feita de modo que uma fonte complementa a eventual falta da outra, garantindo continuidade de abastecimento eliminando a incerteza associada ao recurso solar.

1.3 Objectivos

Pretende-se com este trabalho criar um documento único que permita a uma empresa prestadora de serviços energéticos bem como a qualquer outra entidade interessada na implementação de um sistema de aquecimento a *pellets*, ter informação com elevado detalhe técnico e detalhe da formulação financeira, fazendo aparecer desta forma condições favoráveis para a escolha do sistema mais proveitoso a ser implementado.

Através de um documento deste tipo, contribui-se para que sejam feitas escolhas acertadas, evitando assim decisões precipitadas e consequentemente maus investimentos.

A metodologia desenvolvida engloba várias fases:

1. Numa primeira fase estudam-se quais os consumos da instalação ou, no caso de se pretender substituir um sistema convencional, quais os consumos apresentados pelo mesmo;
2. Mediante a elaboração do estudo detalhado dos consumos, segue-se a definição de uma solução técnica a implementar que melhor se adequa às necessidades de consumo da situação em estudo;
3. Por último, faz-se o estudo da viabilidade económica da solução e identificação de possíveis riscos associados a essa mesma escolha, onde se incluem os valores associados a custos de exploração e manutenção que têm que ser apresentados de forma detalhada.

Há que garantir alguns pressupostos com a disponibilidade de espaço para a instalação do sistema de armazenamento das *pellets* que é essencial à implementação do sistema, sendo por isso uma das condicionantes que desperta maior atenção e cuidado. O sistema será implementado numa instalação feita de raiz ou numa instalação já existente.

O mecanismo de fornecimento de *pellets* que estará directamente relacionado com a capacidade de armazenamento.

A correcta definição de potência do sistema de caldeira a implementar, bem como uma estruturação económica detalhada de todos os custos e proveitos da implementação do mesmo sistema serão fulcrais para que se atinja o sucesso.

A metodologia irá fornecer elementos para a escolha otimizada do sistema quer do ponto de vista técnico quer do ponto de vista económico.

1.4 Estrutura

A presente dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos distintos, sendo a introdução o primeiro desses capítulos.

No segundo capítulo é apresentado o estado da arte relativo a *pellets*. Inicialmente, é apresentado e definido o conceito de *pellets*. Posteriormente, é feita uma apresentação sobre a produção deste tipo de biomassa sólida. São definidas as várias fases do processo. É igualmente referenciada a situação nacional e internacional bem como a legislação associada a este tipo de recurso renovável.

No terceiro capítulo é feita uma análise técnica sobre a solução de aquecimento a *pellets*.

No quarto capítulo são referenciados dois exemplos de implementação de sistemas de aquecimento a *pellets*.

No quinto capítulo são estudados os serviços de energia existentes, mais concretamente os contratos ESCO associados à solução técnica em estudo. No sexto capítulo são

apresentados os casos em estudo, que irão servir de base à estruturação e definição da metodologia que se pretende criar. Serão apresentados os sistemas actualmente existentes e responsáveis pela produção de energia. Será efectuado um estudo relativo aos consumos em causa que será importante para a definição das características do novo sistema a ser implementado. Serão apresentadas as soluções escolhidas e definidas mediante os consumos e de acordo com um estudo económico detalhado. Neste estudo económico deverão ser apresentados, de forma clara e concisa, todos os custos e proveitos envolvidos na implementação do novo sistema.

Finalmente, na última parte, capítulo sete, são apresentadas as diversas conclusões obtidas através da presente dissertação e são identificadas algumas perspectivas de desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 *Pellets* de madeira: o que são?

Como referido anteriormente, os *pellets* são um tipo de biomassa sólida, produzidos a partir de biomassa florestal.

Por definição, o pellet pode ser traduzido com sendo "um aglomerado combustível feito a partir de matéria resultante da limpeza das florestas e dos desperdícios da indústria da madeira, triturada e seca, sendo depois comprimida obtendo a forma final de pequenos cilindros" [8].

As *pellets* são formas mecanicamente estáveis de pó de madeira. Esta transformação (alta densidade de produto) permite um aumento da eficiência de muitos processos, tais como, um aumento do fluxo favorável e melhoria de propriedades de combustão. Os produtos peletizados podem ser transportados, usando sistemas existentes, tais como transportadores em parafuso ou equipamento de sucção [8].

Os *pellets*, pela exigência da baixa humidade do processo e pela elevada densidade relativa aparente, são menos higroscópicos e muito mais resistentes ao apodrecimento ou à fermentação do que os resíduos na condição natural, facilitando o seu armazenamento e transporte, ampliando assim o seu o raio económico de aproveitamento [42].

Comparado com lenha usual, o pellet apresenta muitas vantagens. O seu mais elevado poder calorífico e baixo teor de humidade (10 a 12%) são claras vantagens face à lenha (25 a 35% de teor de humidade). Quer pela maior densidade quer pelo maior poder calorífico ter-se-á sempre no armazenamento mais energia por unidade de volume [25].

A homogeneidade de forma e a granulometria regularizam e melhoram a eficiência na sua queima. Por outro lado, facilitam as operações de manuseio, transporte e alimentação de caldeiras, possibilitando a mecanização. No entanto, é no transporte que ocorre



Figura 2.1: Pellets [6].

um favorecimento significativo. As cargas são limitadas por peso a não por volume, utilizando-se a capacidade integral dos meios de transporte [42].

O uso de biomassa florestal, onde se encontram inserida a utilização de *pellets*, pode ter três aplicações distintas:

- Produção de Calor;
- Produção de Calor e Electricidade (Cogeração ou CHP, Micro-Cogeração ou Micro-CHP);
- Produção de Electricidade (através de Combustão Dedicada ou Gaseificação) [25].

É importante referenciar um novo conceito que começa a emergir, a Micro-Cogeração. Existem muitas definições diferentes de micro-cogeração ou micro-CHP.

Os equipamentos de micro-cogeração funcionam tipicamente como equipamentos de aquecimento, que fornecem água quente para aquecimento centralizado e para Águas Quentes Sanitárias (AQS) em edifícios residenciais ou comerciais, sendo semelhantes a caldeiras convencionais. A grande diferença para as caldeiras convencionais é que os sistemas de micro-cogeração geram electricidade juntamente com o calor, com eficiências muito elevadas e, conseqüentemente, ajudam a "poupar" combustível, cortam nas emissões e reduzem os custos com electricidade. A maioria das unidades opera em modo de grelha-paralela, para que o edifício continue a satisfazer algumas das suas necessidades eléctricas através da rede eléctrica, podendo também transferir (vender) alguma electricidade para a grelha. O calor do sistema de micro-cogeração tanto pode ser usado para aquecer espaços e água, como para refrigeração. Também aqui, os *pellets* de madeira são usados como combustível para as caldeiras [25].

Actualmente, o uso de *pellets* de madeira como combustível é comum em aplicações tão diversificadas como, por exemplo, fornos de padarias, fornos cerâmicos, aquecimento de estufas, oficinas de pintura de carros, estufas de flores, aquecimento de moradias e aquecimento de prédios. É possível aproveitar todas as vantagens de utilização deste combustível para o aquecimento central e das águas sanitárias de casas e empresas [43]. É igualmente possível o uso de *pellets* de madeira para a produção de electricidade. Isto ocorre em centrais termoeléctricas adaptadas para o efeito, e o processo consiste em aquecer água, vaporizá-la e usar a energia transportada pelo vapor de água para accionar uma turbina de vapor. Esta turbina está acoplada a um gerador de energia eléctrica, chamado alternador [39] [25].

Uma das vantagens das *pellets* de madeira está no seu tamanho normalizado, permitindo que os produtores de caldeiras a madeira, mesmo para gamas de saída baixas até 50 kW, fabriquem sistemas de aquecimento completamente automáticos. Os *pellets* de madeira têm ainda uma elevada densidade energética permitindo que os sistemas de aquecimento obtenham autonomias equivalentes a sistemas com óleo de fontes de energia fóssil [25].

2.2 Pellets de madeira VS Estilhas de madeira

Os pellets e as estilhas de madeira são dois tipos distintos de biomassa florestal.

A estilha é constituída por pequenos pedaços de madeira, com um comprimento variável entre 5 e 50 mm, obtidos por estilhamento na direcção da fibra, contendo ainda partículas mais longas e uma razoável percentagem de finos. A qualidade da estilha depende da matéria-prima e da tecnologia utilizada na sua produção. Na Europa, é comum encontrar três tipos diferentes de estilha de madeira [7]:

1. Estilha de resíduos da floresta, como ramos, copas de árvores ou árvores inteiras, com valor comercial reduzido. Contém uma percentagem de humidade na ordem dos 50% (lenha verde), o seu tamanho varia desde partículas de pó até estilha e contém casca e folhas. Este combustível é adequado para as caldeiras que se encontram nas grandes centrais de produção de calor ("District Heating") ou de produção de energia eléctrica, como a Central Termoeléctrica a Resíduos Florestais de Mortágua (Portugal) [25] [7];
2. Estilha produzida nas serrações, com uma percentagem de humidade da ordem dos 40-50%, é usada, por exemplo, na indústria de pasta e papel ou no fabrico de aglomerados e outros painéis. Esta estilha tem melhores propriedades de combustão, mas é ainda muito húmida para as caldeiras pequenas, a não ser que seja seca antes de destrocada;

3. Estilha proveniente de cortes de árvores, sem ramos e folhas, deixada a secar, aproximadamente, 6 meses antes do seu destocamento. Esta estilha contém cerca de 30% de humidade e deve ser uniforme em qualidade e tamanho [7].

Os *pellets* são um combustível ecológico, uniforme e cilíndrico (mencionado no ponto anterior), são produzidos a partir da compressão da biomassa florestal estilhada, ou seja, a estilha pode ser utilizada directamente como combustível ou servir de matéria-prima para a produção de *pellets* [25] [8].

A tabela ?? apresenta os valores de algumas propriedades dos peletes e da estilha, permitindo a sua comparação.

Tabela 2.1: Características de Pellets de madeira vs Estilhas de madeira [7] [22].

PARÂMETROS	Pellets de madeira	Estilhas de madeira seca
Poder Calorífico Inferior	18 MJ/kg	13.4 MJ/kg
Por kg	4.7 kWh/kg	3.7 kWh/kg
Por m ³	3077 kWh/m ³	744 kWh/m ³
% de Humidade	8%	25%
Densidade	650 kg/m ³	200 kg/m ³
% de cinzas	0.5 %	1%

Um m^3 de pellets contém 4 vezes mais energia do que um m^3 de estilha seca, produz metade das cinzas, tornando-os vantajosos quando utilizados como combustível, e ocupa cerca de 3 vezes menos espaço, o que é vantajoso para o armazenamento e transporte.

Algumas caldeiras disponíveis no mercado podem utilizar quer estilha quer pellets pois têm um sistema de controlo electrónico capaz de adaptar os parâmetros de combustão ao combustível seleccionado.

Esta flexibilidade na utilização do combustível pode revelar-se bastante útil e económica. Porém, neste caso, quer o armazenamento, quer o sistema de alimentação de combustível devem ser projectados tendo em consideração ambos os combustíveis [25] [7].

2.3 Pellets de madeira VS Fuelóleo

Com o Protocolo de Quioto em vigor e com a existência do CELE, é interessante comparar os pellets com um combustível de baixo custo e bastante utilizado. A comparação será feita de acordo com o valor como combustível e valor resultante das taxas de Quioto, que representa os benefícios provenientes do aproveitamento da biomassa como fonte renovável.

O poder calorífico inferior dos pellets de madeira é próximo de 18 MJ/kg enquanto que no caso do fuelóleo ronda os 40,5 MJ/kg. Assim, e elaborando uma simples divisão, conclui-se que a combustão de 1kg de fuelóleo pode ser substituída por 2,25 kg de pellets, para que seja obtida a mesma quantidade de energia [32] [7].

Os pellets são vendidos em sacos de 15 e 20 kg (Big Bags) ou a granel, com um preço médio de comercialização à saída da fábrica de 0,14 €/kg, ou seja, 140 €/ton. O valor comercial do fuelóleo é de, aproximadamente, 0,45 €/kg, ou seja, 450 €/ton (preço indicativo da Galp Energia para grandes consumidores) [8] [7].

O valor comercial de pellets relativamente ao fuelóleo é inferior, traduzindo-se numa clara vantagem económica, para além de apresentar muito menor volatilidade. A percentagem de carbono contida nos pellets é cerca de 49%. Assim, a combustão completa de uma tonelada de pellets emite 0,49 toneladas de CO₂. De acordo com os valores negociados em 2008 no mercado internacional, o preço encontrava-se fixado em 22 €/ton, o que permite afirmar que o custo de emissão, no caso da queima de uma tonelada de pellets, será de 10.78 € ($0.49 * 22$).

Para o fuelóleo a percentagem de carbono é de 86% mas, no caso de combustão completa, a massa de CO₂ emitida tem um valor quatro vezes superior a este. Com estes dados obtém-se um valor de 75.68 € ($0.86 * 4 * 22$). Para obter um valor equivalente de energia, mas usando pellets, o custo de emissão seria de 24.26 €, o que implicaria uma poupança de 51.42 € por cada tonelada de fuelóleo queimada. Novamente é clara a vantagem dos pellets em relação ao fuelóleo [25] [7].

Estes cálculos foram efectuados para um valor de coima de 22 €/ton. Tendo em conta a situação nacional, onde os limites de emissão foram largamente ultrapassados (valor actual de 100 €/ton), perspectiva-se um acréscimo no valor das multas tornando as penalizações mais pesadas. Este cenário é de todo indesejável, levando a que sejam tomadas medidas no sentido de mudar os actuais níveis de emissões de grande parte das empresas.

2.4 Características e Normas

Os standards europeus para o combustível pellet, definem valores limites para as suas características relativamente a valores tais como a densidade a granel, a densidade por unidade, o conteúdo de cinzas, o conteúdo da humidade, o poder calorífico, concentração de substâncias como enxofre, azoto, cloro, etc [7].

As normas utilizadas nos diferentes países produtores são bastante idênticas. Com excepção da Suécia, todas as normas vigentes regulam o uso de aglutinantes. A norma sueca especifica as concentrações e a qualidade dos materiais que podem ser usadas em cada uma das classes de pellets. No quadro seguinte é apresentado um resumo das especificações físico-químicas a cumprir pelos pellets de biomassa, regulamentadas pelas normas vigentes mais relevantes, nomeadamente a ÖNORM M 7135 (Áustria), DIN 51731 (Alemanha), SN 166000 (Suíça), SS 18 71 20 (Suécia) e normas da Austrian Pellets Association [7].

Parâmetro	Unidade	Valor máximo
		Intervalo
Diâmetro (D)	mm	4 a 10 ¹
Comprimento	mm	< 5 x D ^{1,4}
Densidade aparente	kg/dm ³	> 600 ²
Densidade da partícula	kg/dm ³	> 1,12 ¹
Humidade	% (ar)	< 10 ^{1,3,4}
Cinzas	% (db)	< 0,5 ^{1,4}
PCI	MJ/kg (db)	> 18,0 ^{1,4}
N	% (db)	< 0,3 ^{1,2}
S	Mg/kg (db)	< 400 ^{1,4}
Cl	Mg/kg (db)	< 200 ^{1,4}
Abrasividade	% (ar)	< 2,3 ^{1,4}
Cd	Mg/kg (db)	< 0,5 ^{1,4}
Pb	Mg/kg (db)	< 10 ^{1,4}
Zn	Mg/kg (db)	< 100 ^{1,4}
Cr	Mg/kg (db)	< 8 ^{1,4}
C	%	49,8 a 49,12
H	%	6,12 a 6,03
Ni	mg/kg	0,28 a 0,30
Fe	mg/kg	9,28 a 29,79
Na	mg/kg	61,52 a 7,78
Mg	mg/kg	64,42 a 85,43
Ca	mg/kg	0,57 a 0,64
K	mg/kg	0,31 a 0,46
Mg	Kg/mg	0,11 a 0,03

Nota: ar - as received (base húmida), db - dry base (base seca)

¹ de acordo com a norma ÖNORM M 7135; ² de acordo com a norma DIN 51731 e SN 166000 (não é válida para casca, apenas para comparação); ³ de acordo com a norma SS 18 71 20; ⁴ de acordo com as normas da Austrian Pellets Association

Figura 2.2: Quadro relativo às características físicas e parâmetros de fabrico dos pellets madeira [7].

O CEN (Comité Europeu para a Normalização) e as instituições de normalização de cada país produtor estão a cooperar para preparar uma norma europeia para os combustíveis bioenergéticos, que regule a sua elaboração em toda a Comunidade Europeia [7] [44]. O CEN/TC 335 é o comité técnico responsável, nomeado pelo CEN, pelo desenvolvimento das normas de standardização associadas aos biocombustíveis, onde se encontram incluídos os pellets. As Normas CEN ou outras estabelecem procedimentos para diversos parâmetros entre os quais:

- Dimensionamento;
- Massa Volúmica Aparente (relação entre uma determinada massa de combustível sólido e o volume do recipiente cheio que a contém, segundo condições precisas);
- Conteúdo de humidade;
- Conteúdo de cinza;
- Dureza mecânica;
- Quantidade de pó [44].

2.5 Vantagens

O uso de fontes de biomassa contribui para mitigar problemas ambientais tais como chuvas ácidas e o aquecimento global.

Uma das vantagens do uso destes recursos é o custo associado, uma vez que, em média, apresentam custos inferiores na ordem do 25-50 por cento quando comparados com os combustíveis fósseis, como se demonstrará no capítulo seis, apresentando igualmente menos flutuação no que diz respeito a variações de preço. A biomassa é então mais um alternativa para fazer face à actual dependência energética dos combustíveis fósseis [9].

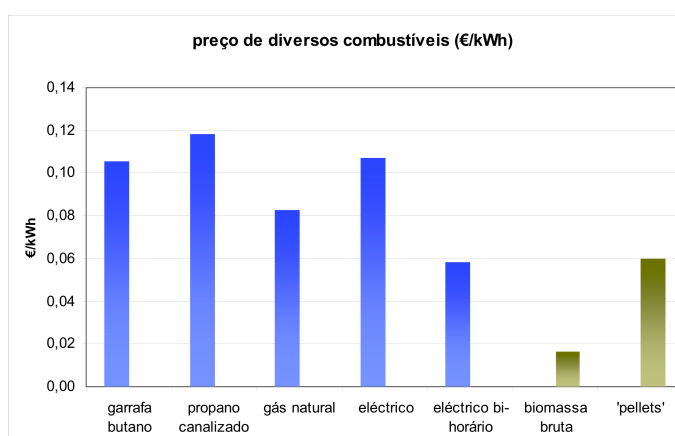


Figura 2.3: Representação gráfica relativa ao preço de diversos combustíveis [8].

Num cenário futuro, será improvável que impostos sobre o carbono ou sobre a energia levem a um aumento dos combustíveis provenientes da biomassa, sendo muito mais previsível, e tendo em conta o contexto actual, que o aumento se verifique no preço dos combustíveis fósseis [41] [25].

O recurso à biomassa como combustível não apresenta qualquer impacto ambiental, contribuindo também, de forma directa, para a redução do risco de incêndios (limpeza das matas), sendo igualmente um instrumento de prevenção e combate a pragas (por exemplo o caso da doença de nemátodo de pinheiro) [7].

Existe uma estabilidade na tecnologia associada facilmente constatada em mercados como o Norte-Americano, onde a escolha de um sistema baseado em biomassa é tão simples como a escolha de um sistema de aquecimento tradicional que funciona a partir de combustíveis fósseis. É um recurso abundante num grande rol de países [7].

Para além destas vantagens no uso de fontes de biomassa, existem também outros benefícios no uso particular de pellets tais como:

- São de uso fácil e conveniente, necessitando de menor espaço de armazenamento quando comparados com outros combustíveis provenientes da biomassa [25];

- Os pellets de madeira usados para aquecimento são o combustível sólido mais limpo. Devido às caldeiras de combustão altamente eficientes desenvolvidas ao longo dos últimos anos, a emissão de compostos químicos, como óxidos de nitrogénio (NOX), ou compostos orgânicos voláteis, é muito reduzida, o que torna os pellets de madeira uma das formas de aquecimento menos poluentes disponíveis actualmente no mercado [45];
- Apresentam um índice de energia elevado, e a tecnologia associada é altamente eficiente comparativamente com outras fontes de biomassa [7];
- Devido ao tratamento efectuado na sua transformação, a humidade dos pellets é extremamente reduzida, o que permite que a combustão seja muito mais eficiente e liberte muito menos fumo que a lenha normal. Além disso, o seu tamanho reduzido permite dosear unidade a unidade a quantidade que vai ser queimada para produção de energia [45];
- Produzem uma quantidade diminuta de resíduos sólidos e gasosos na fase de combustão [25];
- Apresentam estabilidade associada ao preço quando comparado com os combustíveis fósseis [8] [7];
- O seu armazenamento é seguro, não há fugas nem perigo de explosão [25];
- Uma tonelada de pellets de madeira para aquecimento produz sensivelmente a mesma energia que uma tonelada e meia de madeira; assim sendo, os pellets de madeira ocupam muito menos espaço de armazenamento [25];
- Apresentam uma disponibilidade permanente [8];
- Não há necessidade de cortar árvores para a produção de pellets de madeira para aquecimento, uma vez que a matéria-prima necessária é proveniente de serrações e de desperdícios gerados pela própria floresta (mato) [45];
- Os pellets de madeira para aquecimento assumem-se como uma forma sustentável de energia. A extracção da matéria-prima necessária para a produção dos pellets contribui directamente para a limpeza das florestas, traduzindo-se numa grande redução do risco de incêndios, uma vez que a matéria que ficaria ao abandono serve apenas para atear e propagar os fogos florestais [9];
- Contribuem para a redução da dependência energética relativamente ao petróleo, gás e carvão [25] [8];

- Estão previstos benefícios fiscais para a aquisição de sistemas de utilização de pellets de madeira para aquecimento, uma vez que são baseados num combustível limpo, natural, renovável e amigo da ambiente [9].

2.6 Desvantagens

Existem algumas desvantagens que importa identificar. A principal desvantagem esta associado ao menor poder calorífico apresentado por este tipo de fonte de energia renovável, quando comparado com os combustíveis fósseis.

De seguida são enunciadas algumas desvantagens:

- Numa avaliação global, o recurso a pellets assume-se como um processo mais trabalhoso quando comparado com gás, petróleo e electricidade [46];
- Apresenta maior dependência na logística isto é, no que diz respeito ao transporte e armazenamento comparativamente ao gás, petróleo e electricidade [46];
- Necessita uma capacidade de armazenamento muito superior a outros combustíveis [46];
- Sensível à humidade, necessitando de cuidados no seu armazenamento [25];
- A combustão dos pellets produz um pó fino, que é muito prejudicial para a saúde. Apesar de tal contrariedade, já existem filtros contra este pó, mas muitos sistemas, ainda não os utilizam porque não é exigido [47].

2.7 Processo de Produção

As pellets de madeira são o produto final de um processo mecânico relativamente simples, que não é mais do que um processo de pressão para transformar fibra de madeira num pellet [25].

As pellets de madeira são geralmente produzidas a partir do desperdício de madeira seca não tratada, proveniente de indústrias que utilizam madeira como matéria-prima (por exemplo a indústria de móveis) ou resíduos florestais provenientes da limpeza das mesmas [25].

O material é recolhido sob a forma de serrim, estilhas, lascas de madeira ou placas de madeira, sendo posteriormente triturado. Este material, a alta pressão e temperatura, é comprimido numa forma cilíndrica e pequena, dando origem às pellets [25].

A madeira utilizada pode ser branca e macia (por exemplo coníferas onde se inclui o pinheiro) ou dura (por exemplo quercus onde está presente o carvalho). No processo é

possível utilizar quer a parte relativa à casca do tronco da árvore quer a parte correspondente ao xilema do mesmo, sendo que é mais comum o uso desta última [25] [7].

Antes que o material possa ser peletizado, é importante que este se encontre seco e homogêneo. Partículas que sejam demasiado grandes podem prejudicar a qualidade do pellet, sendo a matéria-prima passada por uma máquina trituradora. O mesmo material é igualmente sujeito a um processo de secagem até que sejam atingidos valores de humidade de 8-10 por cento. Não é relevante a ordem pela qual ocorre este pré-processamento da matéria-prima desde que seja obtido material com tamanho uniforme e com um certo nível de humidade requerido [7].

Uma vez seco e uniformizado em tamanho, o material encontra-se preparado para ser pressionado através de uma matriz perfurada, a alta pressão, para que sejam obtidos os pellets (Peletização). O material é pressionado através de uma matriz perfurada com orifícios que determinam o diâmetro das pellets de madeira, sendo estas posteriormente cortadas mediante o comprimento pretendido.

De seguida, os pellets, são arrefecidos de forma a permitir que os agentes naturais de ligação (lignina e resina) actuem. A lignina e a resina actuam como agentes naturais de ligação do material não sendo necessário o uso de substâncias adicionais. Mesmo assim, e no caso da produção de pellets a partir de madeira dura, a composição desta em termos de lignina é baixa, levando ao uso de alguns aditivos de elevado preço. Por outro lado, podem ser usados aditivos naturais como é o caso do amido do milho. Durante o processo de compressão é também extraída alguma humidade adicional [25] [7].

Assim que os pellets endurecem, é feita uma análise e filtragem de forma a garantir que não é desaproveitado nenhum material que ficou solto durante o processo. Este material é então recuperado e enviado novamente para o início do processo, garantindo-se assim um máximo aproveitamento da matéria-prima.

Após tudo isto, os pellets encontram-se prontos para serem embalados e armazenados para posteriormente serem distribuídos no mercado [7]. Actualmente, existem indústrias responsáveis pela manufacturação de pellets de madeira. O processo de fabrico é determinado pela matéria-prima mas pode ser descrito, de forma resumida, pela figura 2.4.

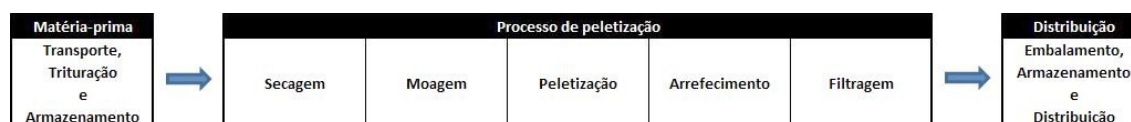


Figura 2.4: Processo típico de Produção de Pellets [9].

De seguida é efectuado um breve comentário a cada um dos blocos constituintes do processo de produção de pellets.

2.7.1 Matéria-prima

Gerir a matéria-prima assume-se como uma das tarefas de maior preocupação para a indústria de peletização. As matérias-primas deveriam ser tratadas localmente por apresentarem baixa densidade, o que faz com que o seu transporte para longas distâncias se torne demasiado dispendioso [25]. Existe a possibilidade da matéria-prima chegar à indústria de peletização já sob a forma de serrim ou estilha (no local de recolha é já uniformizada) ou então esta uniformização é efectuada na própria indústria de pellets.

Relativamente ao transporte das matérias-primas, o número de potenciais fornecedores disponíveis encontra-se limitado à área geográfica da exploração, de modo a minimizar os custos de transporte.

Este factor assume um peso especial na criação de novas indústrias de peletização. São muitas vezes usados contratos de longa duração relativos ao fornecimento são muitas vezes usados como forma de garantir capacidade de operação no futuro [7].

O material é entregue sob a forma de carregamentos temporalmente espaçados, havendo necessidade de existir capacidade de armazenamento por parte da indústria (por exemplo, silos). O custo de um sistema de armazenamento é ditado pela necessidade de garantir um material limpo e seco. A matéria-prima não deve conter nenhum tipo de material indesejado como são os casos de pedras, metal, vidro e outros tipos de sujidades. Caso não ocorra uma eficaz remoção deste tipo de materiais, poderão ocorrer problemas no decorrer do processo de peletização. Por outro lado, as cinzas resultantes do processo serão em maior quantidade.

Grande parte das indústrias de pellets, em resposta aos mercados de consumo, consome apenas resíduos de madeira branca, restringindo assim o seu potencial de produção [7] [9].

2.7.2 Processo de Peletização

2.7.2.1 Secagem

A secagem é necessária na produção de pellets. É um processo que apresenta elevados consumos energéticos o que levanta alguma preocupação relativamente ao custo dos pellets de madeira como combustível [9].

O nível ideal de humidade que a matéria-prima deve apresentar situa-se entre os 8-12 por cento. Normalmente, a matéria-prima apresenta níveis de humidade superiores a 50 por cento, tornando-se necessário reduzir esse valor para que possa ser devidamente utilizada [25]. O sistema de secagem mais utilizado é o secador de Tambor Rotatório, que seca a matéria-prima através de um fluxo contínuo de ar quente. Este tipo de secador pode utilizar como combustível lenha, gás natural, petróleo ou electricidade [7].

Assim, o processo de secagem é um processo a ter conta na investigação e desenvolvimento de novas tecnologias associadas ao processo, com o objectivo de minimizar custos e aumentar a qualidade dos pellets de madeira [25].

2.7.2.2 Moagem

De acordo com o seu estado de trituração, define-se se há necessidade de sujeitar a matéria-prima a uma fase de moagem. A moagem consiste num processo de homogeneização e uniformização da matéria-prima. Neste processo é utilizado um "Martelo Triturador" que funciona através de um motor eléctrico. Durante o funcionamento do mesmo, o material constituinte vai aquecendo progressivamente, contribuindo para uma diminuição da humidade da matéria-prima [7].

Com a moagem pretende-se contribuir para um produto final com características constantes. Após esta fase, a matéria-prima encontra-se pronta a ser peletizada.

2.7.2.3 Peletização

Após o tratamento prévio da matéria-prima onde foram trabalhados níveis de humidade e forma, esta, através de um sistema de alimentação automático, é enviada para o seguinte processo - peletização.

Antes de entrar na máquina peletizadora, ocorrem um processo de filtragem que permite verificar se o material se encontra com o tamanho aceitável. No caso de existir material que não preencha tais requisitos, é enviado novamente para o processo de trituração. O material que é aprovado, é enviado para a máquina peletizadora sob a forma de um fluxo contínuo e uniforme [7] [9].

Uma vez na máquina peletizadora, o material é acondicionado mediante o uso de vapor, que contribui para a humidificação superficial, funcionando como lubrificante no processo de peletização. Desta forma, a adição de vapor contribui para que o aglutinante natural das fibras da madeira, a lignina, actue com maior facilidade sobre as fibras que compõem os pellets [25] [7].

A maioria dos equipamentos usados na peletização apresenta as seguintes componentes:

- Sistema de alimentação;
- Câmara de mistura;
- Matriz perfurada e rolos de pressão;
- Máquina principal;
- Engrenagem redutora;

- Chassis [7].

É importante salientar a câmara de mistura, que é o local onde se realiza, caso seja pretendido, a mistura de aditivos com a matéria-prima triturada. Estes aditivos podem ser do tipo aglutinante, lubrificante ou protector dos efeitos da humidade. Actualmente, na Europa, a maioria dos produtores de pellets, não apoiam a aplicação de aditivos, uma vez que alguns destes aditivos produzem fumos no momento da combustão [7]. Tal facto faz com que uma das principais características do combustível pellet, que é ser livre de emissão de contaminantes, seja posta em causa. Mesmo assim, o aditivo mais utilizado continua a ser o vapor, podendo ser seco ou ligeiramente quente, para secar o material. É necessário ter cuidado para que não haja um aumento excessivo da temperatura do material [9].

Após ultrapassar todo o processo descrito anteriormente, a matéria-prima é agora submetida a uma pressão mecânica constante, através do uso dos rolos que constituem a matriz perfurada. As máquinas peletizadoras encontram-se disponíveis numa gama de vários tamanhos. Em geral, por cada cem cavalos de potência, estas máquinas garantem uma capacidade de produção aproximada de cerca de uma tonelada de pellets por hora. Existem dois tipos de máquinas peletizadoras:

- Máquina peletizadora com matriz plana (disco) ou Flat die;
- Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel) ou Rotary die.

Na máquina com matriz plana, o material é inserido simplesmente através da acção da força gravitacional. Uma das vantagens deste tipo de equipamento é a simplicidade que apresenta no momento da sua limpeza e substituição de peças [7] [9].

A principal diferença entre a matriz plana e a matriz do tipo cilíndrica vertical encontra-se na forma e na disposição dos elementos que a constituem, estes distribuídos longitudinalmente [7].

Numa máquina com matriz do tipo cilíndrica vertical a compressão é baseada numa matriz sólida onde podem girar entre um a três rolos de pressão. Para sistemas que possuam somente um rolo, o material é transportado por um parafuso alimentador, fluindo através da acção da gravidade [9].

Na situação de dois ou três rolos o processo de alimentação é distinto, assemelhando-se a um processo de centrifugação. Com isto, pretende-se estender o material como uma toalha sobre os furos da matriz e dos rolos [7] [9].

Nos dois tipos de maquinaria apresentados são produzidos pellets de madeira, fazendo uso de elevada pressão para forçar a passagem do material através dos furos existentes no disco. À medida que a pressão aumenta, a temperatura do material também aumenta, contribuindo desta maneira para a separação da lignina do resto do material [9]. Com isto é então possível dar a forma de um pellet ao material.

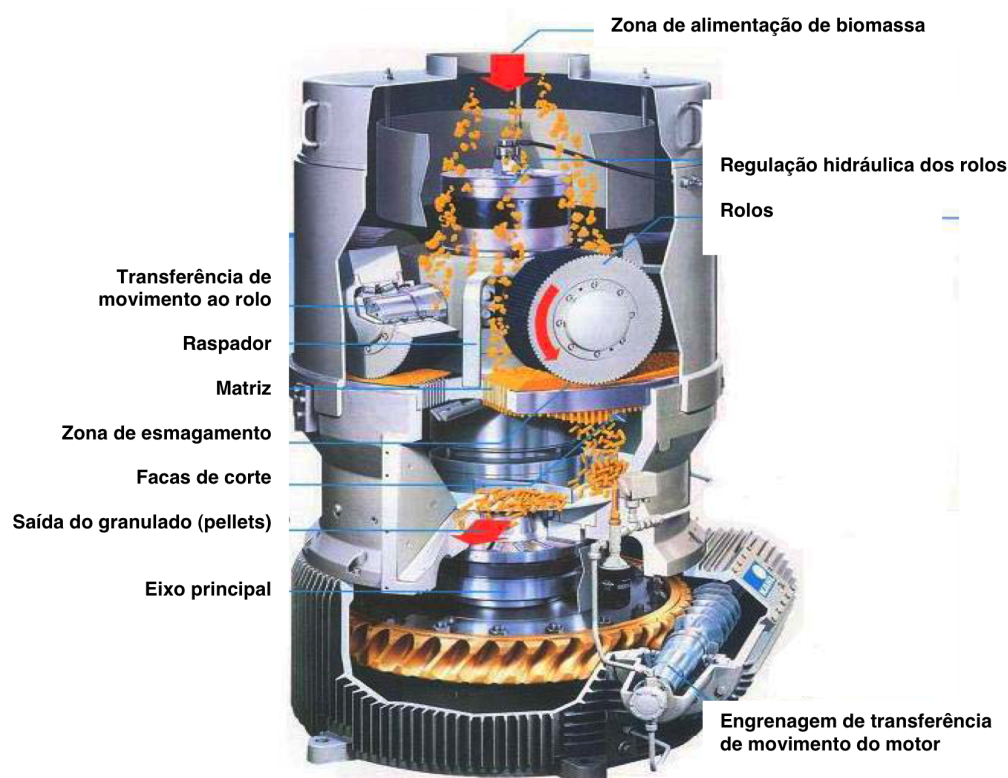


Figura 2.5: Máquina peletizadora com matriz plana (disco) [7].

Dependendo do tipo de material a ser peletizado, são necessárias algumas medidas de afinação e ajustamento efectuadas sobre o sistema. Os ajustamentos mais críticos ocorrem na escolha do disco. Um disco não é mais do que uma placa de metal com furos. Um disco funciona oferecendo uma determinada resistência ao mesmo tempo que o material é pressionado na sua direcção. A quantidade acertada de resistência permite ao material aquecer e amolecer de forma que seja moldado com a forma pretendida. Se um disco oferecer demasiada resistência o material que se pretende peletizar poderá acabar por aquecer demasiado e consequentemente queimar. A resistência é ajustada através da mudança do tamanho dos furos, do afilamento ou do número de furos presentes no disco [25] [7].

Tal como em outras aplicações, também na tecnologia associada à produção de pellets é possível evoluir. Para tal, existe necessidade de fomentar a investigação e desenvolvimento sobre todo o processo que envolve a concepção dos pellets para que soluções mais proveitosas sejam descobertas [25].

2.7.2.4 Arrefecimento

O processo de arrefecimento é importante para dureza e consistência dos pellets. Nesta etapa, garante-se que a lignina da madeira alcança o seu maior potencial aglutinante,

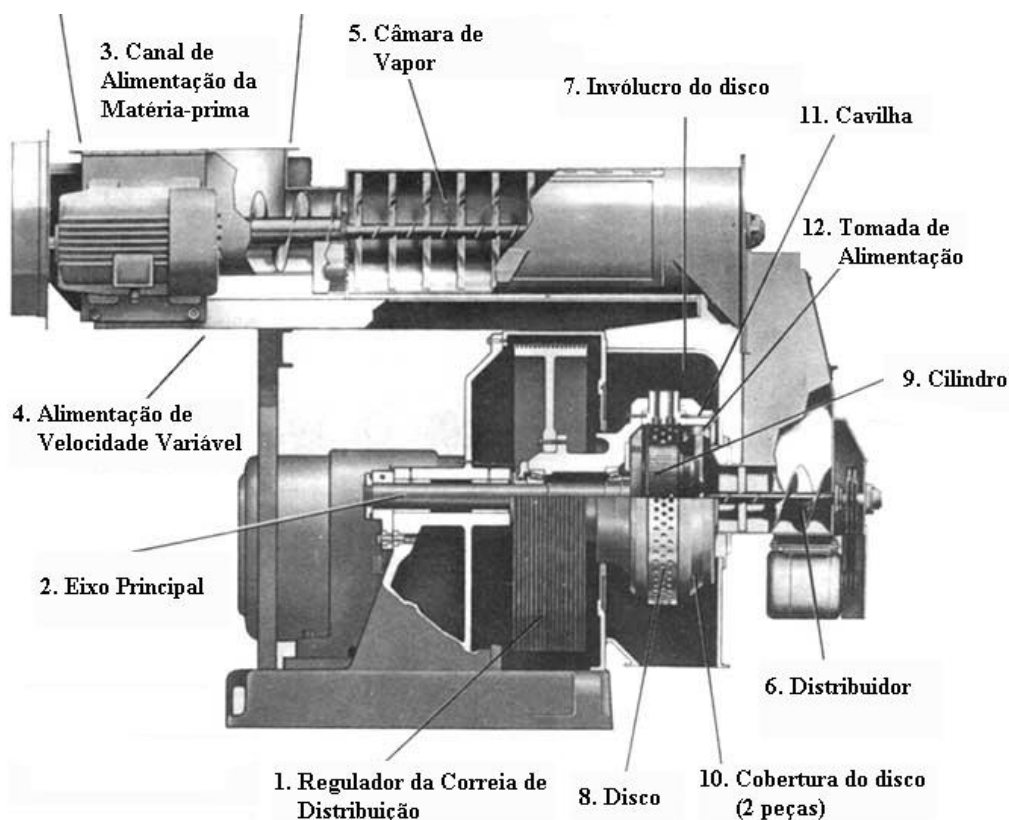


Figura 2.6: Máquina peletizadora com matriz do tipo cilíndrica vertical (anel) [10].

fulcral para que a forma dos pellets seja garantida [7].

Nesta fase é utilizado um arrefecedor, que não é mais do que uma câmara vertical onde os pellets caem em fluxo de contracorrentes, permitindo diminuir a sua temperatura.

Em contraste com o processo de secagem, neste caso não há uso de qualquer aditivo ao longo do processo de arrefecimento [7] [9].

2.7.2.5 Filtragem

Após o arrefecimento dos pellets, segue-se uma fase de filtragem também designada por separação de finos. Os pellets passam sobre um tapete vibratório onde o material mais fino é separado. Este material mais fino é enviado novamente para o início do processo de peletização garantindo assim que não há desperdício [7].

No fim da filtragem garante-se que os pellets possuem o mínimo de impurezas e lixos possíveis, estando prontos para serem embalados [25] [7].

2.7.3 Distribuição

Nesta etapa final, a parte relativa ao transporte assume uma posição de destaque. O transporte é um factor de extrema importância, já que tem bastante peso na economia



Figura 2.7: Compressão do material através dos furos existentes no disco [11].

da indústria de pellets. O transporte de matérias-primas, como os resíduos lenhosos, apresenta custos bastante elevados quando associados a grandes distâncias. Mediante tal facto, as fábricas de peletização devem encontrar-se localizadas o mais próximo possível das fontes de matéria-prima [7].

Comparativamente com o transporte de outros combustíveis, o transporte de pellets não é perigoso e não apresenta riscos de explosão ou contaminação [25] [9].

Por outro lado, os pellets não devem ser sujeitos a pressões ou tensões excessivas pois poderá ocorrer alteração da sua estrutura. É igualmente necessário garantir um isolamento da humidade para que assim seja protegida a qualidade dos pellets [25].

Os pellets podem ser transportados a granel em auto-cisternas ou em camiões convencionais cobertos. Assim, são transportados e distribuídos aos consumidores e colocados em depósitos por meio de um sistema de ar pressurizado, de uma maneira muito semelhante à distribuição de combustíveis derivados do petróleo [7] [9].

Os produtores podem distribuir os pellets directamente aos consumidores finais ou através de intermediários. Para além da venda a granel, existe a possibilidade de ser igualmente vendido em Big Bags ou em pacotes (por exemplo, de 15 Kg), sendo este último o mais dispendioso [48]. Estão a ser desenvolvidos sistemas de transporte mais sofisticados para que se consiga melhorar a qualidade e transporte dos pellets. Fases como o carregamento, armazenamento e transporte necessitam de ser efectuados de forma cuidada para que assim se minimize o aglomerado de lixo ou finos gerados por esses mesmos processos [25].

Sendo assim, ao mesmo tempo que se estudam soluções para tornar os pellets mais resistentes fisicamente, também são investigadas novas soluções associadas à distribuição e transporte demonstrando a forte dinâmica actual e futuro presente em todo o processo que envolve a concepção de pellets [25] [7].

2.8 Situação Internacional

Este combustível surgiu na década de 70 com a crise do petróleo.



Figura 2.8: Vários discos constituintes de uma máquina peletizadora de matriz plana [12].

No contexto internacional existem países que merecem algum destaque como o Canadá e Estados Unidos da América, mas quem apresenta maior expansão são sobretudo os países europeus.

A disponibilidade de matéria-prima, preços competitivos e de várias políticas favoráveis contribuíram fortemente para o desenvolvimento de uma indústria europeia de pellets de madeira.

A primeira indústria de pellets surgiu na cidade de Mora na Suécia, iniciando a sua produção em Novembro de 1982 [9]. No panorama europeu, países como a Suécia, Dinamarca, Alemanha e Áustria surgem na frente do pelotão, apresentando um maior desenvolvimento nos mercados ligados à indústria de pellets.

Numa segunda vaga, e tentando acompanhar o desenvolvimento dos primeiros, surgem países como a Itália, Bélgica e Reino Unido [9].

De acordo com a Wood Resources Quarterly's os números mais recentes de produção global de pellets de madeira em 2008 encontram-se muito próximo dos dez milhões de toneladas. A mesma entidade prevê que este número duplique nos próximos quatro ou cinco anos [49].

No ano de 2006 na Europa, a produção de pellets de madeira foi de cerca de 4.500.000 toneladas, enquanto que o consumo foi de cerca de 5.500.000 toneladas, o que indica um significativa parcela de importações [9].

Actualmente, o maior mercado de pellets de madeira é ainda a Europa mas, e após a eleição de Barak Obama, prevê-se que os Estados Unidos da América alcancem a Europa. Nos últimos anos, o Canadá também apresentou um notório crescimento no sector, com especial evidência nas exportações para a Europa, que em 2006 foram próximas das 500.000 toneladas de pellets [9].

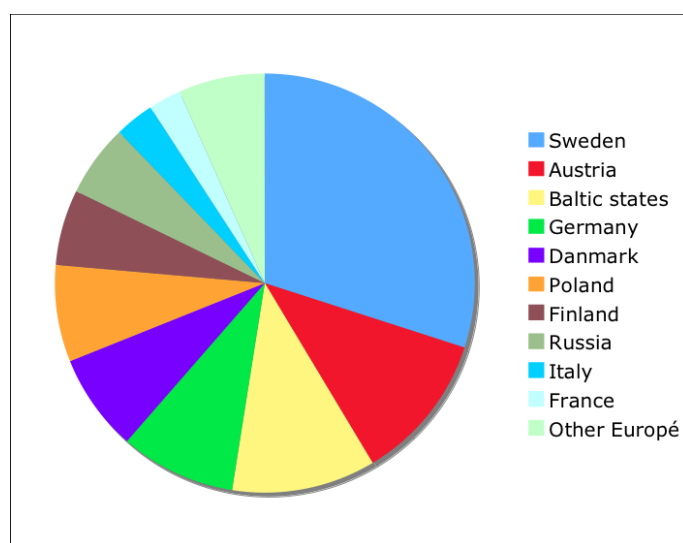


Figura 2.9: Gráfico circular relativo à distribuição por Produção de Pellets na Europa [9].

Num passado mais recente, no final de cada ano, a BioEnergy International tem elaborado um mapa contendo todas as indústrias de pellets. Em 2007, sob a coordenação do Engenheiro Químico Lennart Ljungblom, desenvolveu-se o mapa relativo a 2006, denominado por Pellets Map, onde se encontram assinaladas todas as indústrias de pellets existentes até então na Europa, perfazendo um total de 285 (Figura 2.10) [13].

Na Europa existem cerca de 450 indústrias de produção de pellets com uma capacidade anual de produção desde 2000 até 150.000 toneladas de pellets, estando previstos inúmeros projectos para um espaço temporal de cinco anos. Saliente-se que, nestas estatísticas relativas a quantidade de indústrias de pellets não se encontram incluídas as chamadas "pequenas indústrias" visto ser difícil identificar qual o número certo deste tipo de indústrias presente na Europa [9].

Os pellets de madeira são utilizados quer na produção de electricidade quer na produção de calor (em larga, média e pequena escala), sendo que a sua aplicação varia de país para país. Mesmo assim, o seu uso está dependente das políticas de energias renováveis de cada país, de infra-estruturas e das necessidades do próprio país em termos de calor e electricidade [25] [9].

Vários investimentos têm sido retardados devido à actual crise financeira global, mas não há dúvida que o crescimento da capacidade da indústria de pellets continuará, mesmo com a actual estagnação económica que se vive [9].

Países como a Suécia, Alemanha, Dinamarca e Reino Unido apresentam fortes perspectivas de crescimento do consumo de pellets nos próximos anos. Encontram-se envoltos numa dinâmica de crescimento onde, nos próximos anos, pretendem investir na sua capacidade de produção interna, de forma a alarga-la, e ao mesmo tempo garantir um aumento nas importações [9] [13].



Figura 2.10: Pellets Map de Lennart Ljungblom [13].

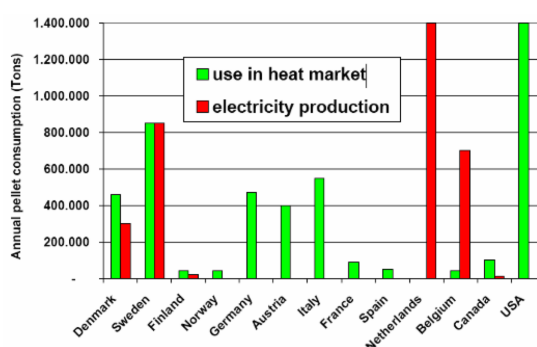


Figura 2.11: Aplicação por sector de Pellets em alguns países da Europa, Canadá e Estados Unidos da América [9].

Os preços de pellets de madeira apresentam, de longe, muito menor variação do que os combustíveis fósseis. Nos últimos anos, verificou-se um ligeiro aumento em alguns mercados chave do preço desta biomassa florestal. Por exemplo, na Alemanha e na Áustria, durante o Inverno de 2006/07, verificou-se um aumento substancial dos preços de pellets de madeira, muito por culpa do aumento da procura e do aumento das exportações, nomeadamente para Itália. Já em meados de 2007, houve um aumento da capacidade de produção destes países, fazendo com que os preços baixassem relativamente ao fim de 2006, ficando próximos de valores de 2005 [9] [50].

Na Suécia os preços têm sido, na generalidade, superiores ao resto da Europa onde houve uma diminuição em 2007. Em 2008, na Suécia, chegaram a ser atingidos preços

recorde de 250 € por tonelada (volume a granel). Mesmo assim, o grau de volatilidade é muito inferior ao demonstrado por combustíveis fósseis até ao presente momento [13].

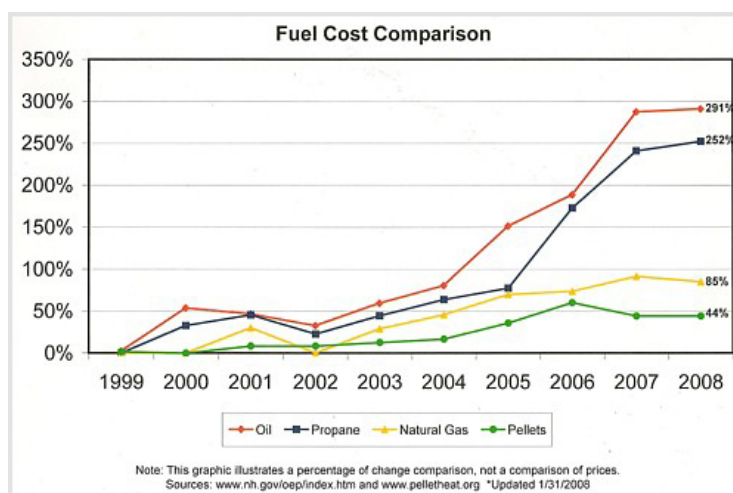


Figura 2.12: Comparação do preço de diferentes combustíveis até ano de 2008 [14].

Como o aumento das importações e exportações de pellets de madeira na Europa, prevê-se que se atinja um patamar de igualdade, sobretudo para explorações de larga escala [9].

Torna-se claro que um aumento da procura por este combustível se traduzirá num acréscimo do seu preço. Só será possível evitar esta variação de preço se existir mais desenvolvimento de infra-estruturas associadas à indústria de pellets [13].

2.9 Situação Nacional

A fatia da contribuição da biomassa para o balanço energético nacional, que é hoje de 10,6%, correspondendo a 2,8 Mtep de energia primária, pode ainda ser aumentada, especialmente pelo seu uso mais eficiente [36].

Na realidade, 20% da biomassa contabilizada é utilizada no sector doméstico. Atendendo a que o imposto de IVA sobre a biomassa tem a taxa máxima de 20%, contra 5% na electricidade e no gás, só uma parte pequena das lenhas utilizadas no sector doméstico são contabilizadas, levando a que a importância real da biomassa seja na realidade muito superior [36]. Por outro lado, a biomassa é maioritariamente utilizada em lareiras abertas, levando a que a eficiência no seu uso seja muito baixa.

De momento não se encontram disponíveis estatísticas que permitam verificar qual o consumo ou qual a produção anual de pellets em Portugal. É mais um dado comprovado de que ainda não existe credibilidade suficiente que permita a solidificação e desenvolvimento da indústria de pellets [36] [51].

Em Portugal existem actualmente algumas fábricas de produção de pellets de madeira sendo consideradas de maior relevo as seguintes:

- A Biobriquete, localizada no centro do país mais concretamente em Penacova, produz pellets e recebe igualmente resíduos de madeira. Tem ao dispor três modalidades de venda de pellets: a granel, em Big Bags (peso entre 700 e 1000 kg) ou em sacos (cerca de 15 kg) [48];
- A Lusoparque constituída em Setembro de 1989. Encontra-se sediada na Zona Industrial de Albergaria - a - Velha. O seu objectivo social consiste na indústria de carpintaria, trabalhos e fabricação de artigos de madeira não especificados (onde se encontram os pellets);
- No final de 2008, após finalização de projecto em parceria com a Universidade do Minho e o CVR - Centro para a Valorização de Resíduos, para a incorporação de resíduos industriais em pellets de madeira, a Vimasol arrancou com o fabrico de pellets de madeira. A unidade de produção, situada em Celorico de Basto, na Zona Industrial de Crespos, iniciou agora o fabrico de pellets exclusivamente a partir de madeira, proveniente de serrações das redondezas. Com uma capacidade que pode atingir as 6000 toneladas por ano, esta unidade conta com um processo produtivo rigoroso e controlado, com destaque para a unidade de secagem do serrim que permite a obtenção de um produto final de excelente qualidade. A produção de calor necessário à secagem do serrim é obtida pela queima controlada de resíduos florestais, aumentando desta forma a valorização de recursos endógenos e a sustentabilidade do processo. Os pellets produzidos são de 6 e 8 mm de diâmetro, podendo ser fornecidos em sacos de 15 kg, em Big Bags ou a granel [22];
- O grupo Enerpelgy merece destaque já que conta actualmente com quatro empresas de produção de pellets e bríquetes, duas já com projectos em produção e duas ainda em fase de projecto:
 - **Pellefire** localizada em Tomar com uma capacidade anual de produção de cerca de 25000 toneladas;
 - **Biodão**, localizada em Santa Comba Dão e também com capacidade anual de produção de cerca de 25000 toneladas;
 - Encontram -se em fase de construção a **Enerflame** (Alcobaça) e a **EcoPellets** [52];
- - O grupo **Gesfinu**, aliado à **Altri**, investiu 30 milhões de euros na instalação de três fábricas de produção de pellets mas cuja a produção é exclusivamente para exportação. A primeira fábrica, em Lousada, entrou em funcionamento em Janeiro

de 2008; seis meses depois foi a vez da unidade de Mortágua. O ciclo fechou-se no mês de Maio com a abertura da *Pellets Power* de Alcácer do Sal. No total, as três unidades, de laboração contínua (interrompem apenas no Natal), geraram 105 empregos directos, mais de 300 indirectos e ocupam uma área de 22 hectares. O programa incluiu ainda a construção de dois silos no porto de Aveiro que permitem o abastecimento directo dos navios que transportam as pellets a granel. Todas as semanas, dois navios de pequena tonelagem (3500 toneladas), nuns casos fretados, noutros das próprias companhias importadoras, zarpam de Aveiro rumo à Europa do Norte e Central. Na lista dos principais clientes da *Pellets Power* surgem a *Electrobel* (Benelux), Dong (Dinamarca), a alemã *E.On* ou a holandesa *Essent*. No caso de Alcácer, a empresa recorrerá ao porto de Sines. Sempre que um carregamento sai de Aveiro, auditores das eléctricas verificam se os granulados cilíndricos de madeira obedecem aos requisitos do contrato. Os pontos críticos são o teor de humidade e os resíduos das cinzas após a queima [53].

Os pellets, caso particular de biomassa, apresentam um desenvolvimento lento e abaixo do que seria expectável. Apesar de dados que comprovam ser uma solução viável aos combustíveis fósseis, existe ainda algum receio ou incerteza em avançar para a aposta definitiva [51].

2.10 Impactos ambientais

Após a ratificação do Protocolo de Quioto, onde assumiu o compromisso de reduzir a emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa, a União Europeia fixou como objectivo duplicar, no espaço de dez anos, a quota de utilização de energias renováveis. Entenda-se como "energias renováveis" as que recorrem a fontes não fósseis renováveis (eólica, solar, geotérmica, das ondas, das marés, hidráulica e de biomassa). A EU estabeleceu, deste modo, as seguintes metas para a produção de energia, em 2010, a partir de fontes renováveis:

- 12% do consumo nacional bruto de energia;
- 22,1% da electricidade produzida [32].

Como o potencial de exploração de fontes de energia renováveis não se encontra suficientemente aproveitado na União Europeia, esta reconhece, através de diversas Directivas, a necessidade de se promover a sua produção, tanto mais que essa exploração contribui, ainda por cima, para a protecção do ambiente e o desenvolvimento sustentável. Além disso, a exploração dessas energias pode gerar novos postos de trabalho a nível local (apresentando, assim, impactos positivos ao nível da coesão económica, social e

territorial), e contribuir para a segurança do abastecimento, tornando, então, possível a consecução dos objectivos estabelecidos em Quioto [32] [34].

É no seguimento desta ideia que a utilização da biomassa florestal, como fonte de energia, surge como uma opção a ser equacionada e fomentada no seio das diversas energias renováveis, pois, para além de, por essa via, se incrementar o aparecimento e desenvolvimento de empresas locais, constitui uma fonte de rendimento alternativa para os agricultores, constituindo-se, ainda, como uma forma de produzir energia com emissões nulas [32] [40]. Apesar de todos os benefícios conhecidos, o uso da biomassa florestal em larga escala também exige certos cuidados que devem ser lembrados. A aposta, em larga escala, em empreendimentos para a utilização de biomassa pode ter impactos ambientais inquietantes [36].

O resultado pode ser a destruição da fauna e da flora, com extinção de certas espécies. Assim, o respeito pela biodiversidade e a preocupação ambiental devem reger todo e qualquer projecto que promova a utilização de biomassa [32].

As fontes de energias não poluentes e renováveis, onde se enquadra a biomassa florestal, são as que melhor atendem as necessidades ambientais. Quando se realiza a queima de um combustível fóssil, inevitavelmente, produzem-se gases com grande concentração de CO₂ e com presenças de SO₂. Estes podem ser removidos, contudo esse processo traduz-se em custos muito elevados. É por isto que a biomassa pode atingir um grande protagonismo no cenário energético global [32] [7].

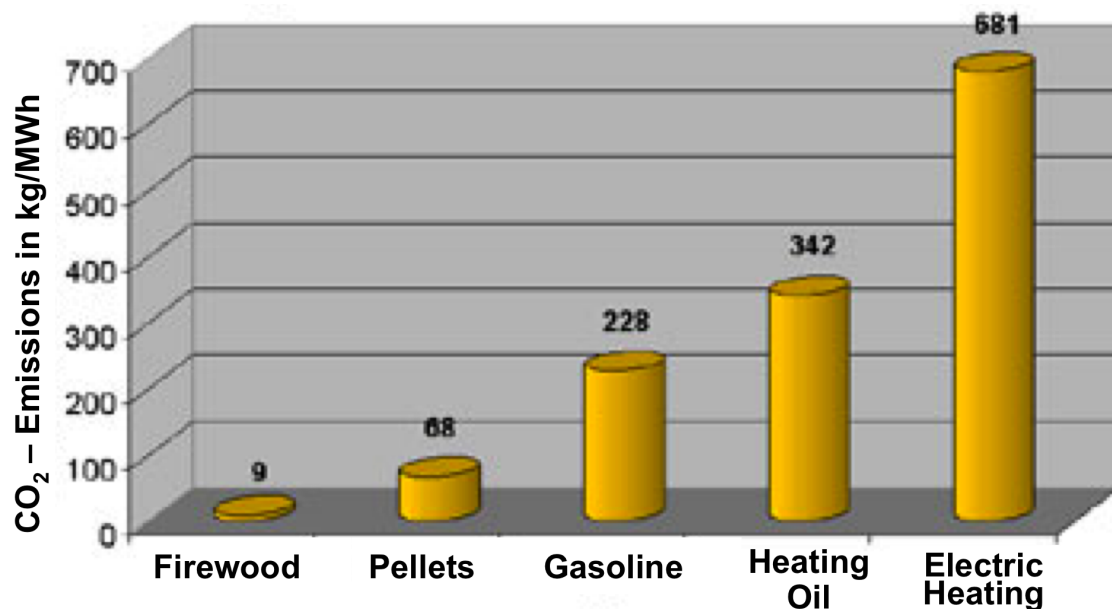


Figura 2.13: Emissões de CO₂ para diferentes combustíveis [15].

A utilização da biomassa florestal para geração de energia também irá gerar CO₂. Todavia, esta biomassa é oriunda de plantas que consumiram, durante o seu crescimento,

exactamente a mesma quantidade desse gás, que será devolvida à atmosfera após o seu uso final. Como esta opção só faz sentido quando se considera uma área cultivada, onde crescem continuamente plantas, que virão a produzir a energia, observa-se então que o balanço de CO₂ é continuamente nulo (ciclo fechado de carbono), não contribuindo para o efeito estufa [25] [7].

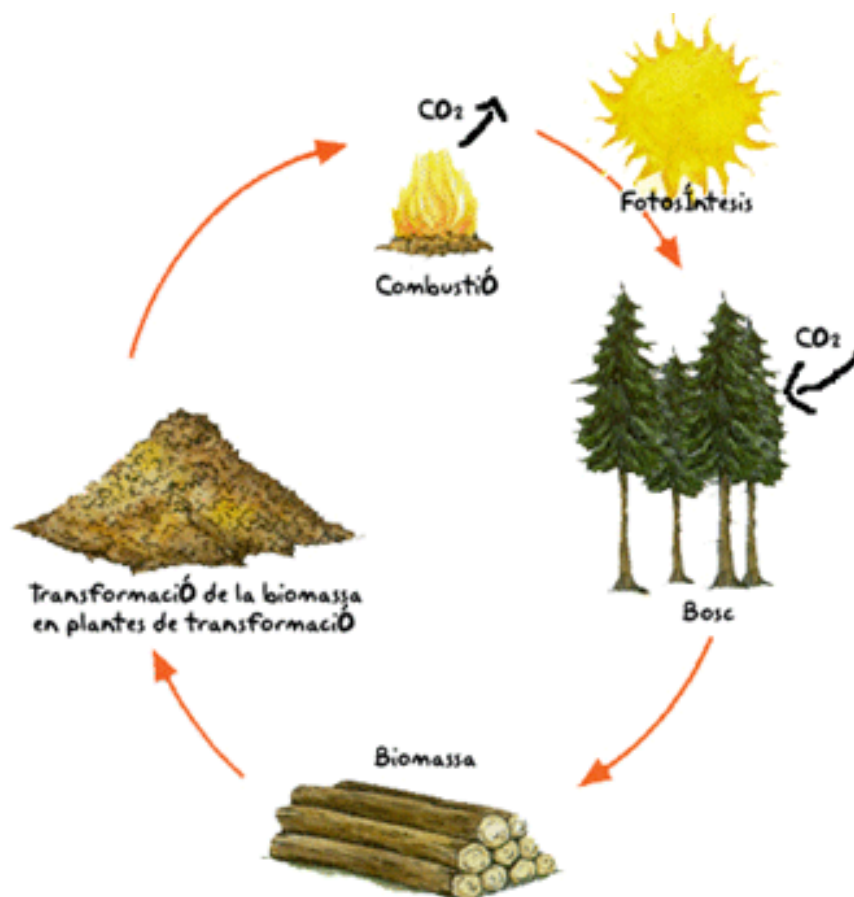


Figura 2.14: Ciclo fechado de carbono [16].

Relativamente à biomassa florestal, os possíveis impactos negativos durante as fases de implantação, crescimento e exploração são os seguintes:

- uso excessivo de produtos químicos (fertilizantes, pesticidas);
- erosão do solo;
- modificações das condições do habitat natural e compactação do solo através do uso intensivo de tratores e camiões [36].

Certamente que estes impactos podem e devem ser atenuados. De entre os aspectos ambientais positivos, destaca-se, como já referido, o ciclo fechado de carbono, o controlo da erosão do solo e a restauração de ecossistemas degradados. O uso da biomassa florestal

reforça, ainda, as condições que permitem aos proprietários florestais e outros agentes do sector, sentirem-se motivados para, de forma organizada ou associativa, procederem à limpeza das matas. Assim, diminui-se o risco de incêndios florestais, com todas as vantagens ambientais e económicas que daí advêm [25].

É igualmente possível aproveitar resíduos de indústrias como as do sector mobiliário (por exemplo, serrim) que outrora eram desaproveitados e se constituíam como simples desperdício resultante [43].

As preocupações ambientais deverão estar, também, presentes na concepção da caldeira que, sendo eficiente na queima do combustível, garante baixas emissões de poluentes atmosféricos [41].

2.11 Legislação e Benefícios Fiscais

2.11.1 Regulamentos em vigor

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (**SCE**) é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios em particular.

Juntamente com os diplomas que vieram rever a regulamentação técnica aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação (**RCCTE, D.L. 80/2006**) e aos edifícios de serviços (**RSECE, D.L. 79/2006**), o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior, aos imóveis já construídos [34] [54].

Assim, a regulamentação térmica de edifícios adoptada em Portugal assenta em dois regulamentos: o **RCCTE** (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) e o **RSECE** (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios).

O **RCCTE**, publicado no Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril, estabelece os requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacte em termos de energia primária. Esta legislação impõe a instalação de painéis solares térmicos e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável [54].

O **RSECE**, publicado no Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, veio definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados sistemas de climatização, os quais, para além dos aspectos relacionados com a envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrange também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, impondo a realização de auditorias energéticas periódicas aos edifícios de serviços. Neste regulamento, a qualidade interior surge também com requisitos relativamente aos caudais mínimos do ar interior por tipo de actividade e a concentrações máximas dos principais poluentes (edifícios existentes) [54].

2.11.2 Incentivos em vigor

Em Portugal, existe a Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos (MAPE), estabelecida no âmbito do Programa Operacional da Economia (POE), criado pela Portaria nº 198/2001, de 13 de Março, recentemente sujeito a alguns ajustamentos, através da Portaria nº 383/2002 de 10 de Abril, que tem por objectivo proporcionar apoios dirigidos à produção de energia eléctrica e térmica por recurso a energias novas e renováveis, à utilização racional de energia e à conversão dos consumos para gás natural [55].

Existem benefícios fiscais associados à aquisição de equipamentos baseados em energias renováveis, onde se incluem equipamentos para aquecimento baseados em *pellets* de madeira. Estes benefícios encontram-se tanto ao alcance de empresas como de particulares [34]. Existem dois impostos que importa destacar:

- **IRS - Imposto sobre Rendimento das Pessoas Singulares** - A partir de 2008, de acordo com o Artigo 85º do Código do IRS, é possível deduzir até 30% dos encargos despendidos com a aquisição de equipamentos novos para utilização de energias renováveis, incluindo equipamentos complementares indispensáveis ao seu funcionamento, até ao limite máximo de 586 €; É também possível deduzir até 30% dos valores gastos na aquisição de equipamentos novos para utilização de energias renováveis. O valor limite da dedução para estes casos é de 777 € [56] [57];
- **IVA - Imposto sobre o Valor Acrescentado** - No que diz respeito à biomassa, os equipamentos que utilizam esta fonte como combustível encontram-se sujeitos a um valor de IVA de 12%, mas a própria biomassa, tal como a lenha, estilha e *pellets*, está sujeita a uma taxa de IVA 20% [56] [57].

É importante salientar que a electricidade e o gás natural estão sujeitos à taxa reduzida de 5% e que combustíveis fósseis como o petróleo, fuelóleo, gasóleo e gasóleo de aquecimento estão sujeitos à taxa intermédia de 12%. Sendo a biomassa, particularmente os *pellets*, um combustível alternativo de origem renovável, depois de analisar estas taxas,

parece existir uma contradição entre o incentivo que o Estado diz pretender dar à utilização de energias renováveis e o que é verificado na prática.

2.11.3 Competitividade dos Pellets no mercado energético: Análise SWOT

A competitividade dos *pellets* pode ser estudada fazendo uso de uma análise SWOT. Nesta análise são identificadas as *Strengths* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças).

Numa fase posterior, promovem-se possíveis estratégias que permitam melhorar as forças, ultrapassar as fraquezas, melhor aproveitar as oportunidades e combater as ameaças.

De seguida é apresentada uma tabela contendo a análise SWOT dos *pellets* como recurso renovável.

Tabela 2.2: Análise SWOT dos *pellets* como recurso renovável.

	Positivo	Negativo
Interna (organização)	<p><u>Forças do negócio de pellets</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Combustível renovável; • Combustível compacto e homogéneo; • Forma de energia amiga do ambiente (em especial nas emissões de CO₂); • Fácil de manusear, usar e transportar; • Combustão limpa, pequena quantidade resultante de cinzas; • Não congela nem derrete; • Elevado poder energético; • Boa disponibilidade e baixo preço de matéria-prima; • Menor volatilidade no preço comparativamente com combustíveis fósseis; • Extensa variedade de aplicação (desde residencial até industrial). 	<p><u>Fraquezas do negócio de pellets</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pouco conhecimento por parte do consumidores; • Preço do equipamento superior ao equipamento de outras energias concorrentes; • Sistema de fornecimento de combustível insuficiente até ao momento; • Elevados custos de transporte e distribuição; • Inexistência de <i>standards</i> para a dimensão e forma dos <i>pellets</i>; • Emissão de partículas; • Baixa eficiência energética no processo de secagem das <i>pellets</i>.
Externa (ambiente)	<p><u>Oportunidades do negócio de pellets</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Instabilidade nos preços de importação de outros combustíveis, especial do petróleo; • Aumento do preço da electricidade; • Novas políticas energéticas favoráveis; • Aumento do número de indústrias de produção de <i>pellets</i>, o que implica maior oferta; • Elevado potencial de crescimento; • Aumento das preocupações ambientais; 	<p><u>Ameaças do negócio de pellets</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Actuais políticas energéticas ainda não valorizam devidamente os <i>pellets</i>; • Redução de matéria-prima disponível se resíduos como lascas de madeira e serrim forem usados noutras aplicações; • Pouco desenvolvimento do sector de produção de <i>pellets</i>; • Redução dos preços de importação de outros combustíveis; • Outros recursos endógenos competitivos, como as estilhas de madeira ou a geotermia;

Analisando as forças, verifica-se que não é possível efectuar mudanças significativas no sentido de melhorar.

Por outro lado, analisando as fraquezas, conclui-se que aqui será mais fácil de intervir. Em particular, devia ser feito um maior esforço para que a informação chegue de forma clara aos consumidores. Isto poderia ser conseguido através de campanhas de publicidade alusivas ao conceito e aplicação dos *pellets*.

Outra estratégia possível seria o aumento da qualidade geral dos *pellets*, bem como a estandardização destes, permitindo assim aumentar o grau de confiança dos consumidores, atraindo ao mesmo tempo outros.

É difícil de controlar ameaças, já que estas tem origem em ambientes externos. A maneira mais fácil de contribuir para este controlo é informar entidades políticas, responsáveis pelos mercados energéticos, da importância dos *pellets* nos actuais contextos energético, ambiental e económico. Nestes campos, os *pellets* apresentam bastantes qualificações para que seja criada à sua volta uma política energética favorável como recurso endógeno renovável que são.

Outro objectivo poderá ser o de sensibilizar os consumidores relativamente à diferença da quantidade de emissões no processo de combustão dos *pellets* relativamente à combustão dos combustíveis fósseis.

Capítulo 3

Análise Técnica da Solução de Aquecimento a *Pellets*

3.1 *Pellets* como Solução de Aquecimento

Uma das possibilidades do uso de *pellets* como fonte primária é a produção de calor [8].

Como solução térmica, pode ter aplicações na indústria, comércio e ainda no sector residencial através da implementação de sistemas de caldeiras, fogões e recuperadores de calor [25].

A substituição de sistemas convencionais de caldeiras que se baseiam no uso de combustíveis fósseis por sistemas de caldeiras que utilizam *pellets*, assume-se como uma solução viável e que apresenta resultados económicos e ambientais bastante favoráveis a longo prazo apesar do investimento inicial.

O sistema automatizado de *pellets* é capaz de substituir na totalidade os sistemas convencionais mais utilizados, ou funcionar como uma fonte de energia alternativa, dentro de indústrias e empresas do comércio [9].

No sector residencial existe a possibilidade de implementar um sistema de caldeira a *pellets* capaz de suprir as necessidades de aquecimento (aquecimento central + aquecimento de AQS), ou de simplesmente substituir a convencional lareira por um fogão a *pellets* de tecnologia mais avançada e que valoriza o conceito estético [58].

Quando são concebidos sistemas de aquecimento baseados em *pellets*, os principais entraves surgem relacionados, na maior parte, com o fornecimento deste combustível e na necessidade de espaço que é necessário para implementar esta solução. Em todo caso, o fornecimento constante de combustível de qualidade deve ser assegurado antes da instalação do sistema [25].

Um sistema de aquecimento a *pellets* necessita de espaço para a caldeira, para o armazenamento e entrega do combustível. O espaço disponível deverá ser adequado à di-

menção da instalação, já que um espaço reduzido poderá inviabilizar um correcto funcionamento deste tipo de sistemas [18].

É igualmente vantajoso que o sistema a implementar seja projectado numa fase inicial do próprio projecto do edifício onde vai ser instalado, de forma a adaptar o projecto ao sistema de aquecimento, sendo para isso muito importante que exista uma boa comunicação entre o arquitecto e o projectista da instalação a *pellets* [25] [18].

3.2 Sectores de Aplicação

Estes sistemas tem aplicação na Indústria, no Comércio e no Sector Residencial.

Os sistemas de caldeiras a *pellets* são sobretudo aplicados em grandes construções como Hospitais, Escolas, Câmaras Municipais e outros edifícios públicos.

Diversas indústrias assim como os hotéis (aquecimento do edifício, piscina, área de spa, etc.) são também alvos de aplicação. Começa-se a denotar uma tendência para a substituição dos sistemas convencionais que usam como fonte os combustíveis fósseis [18].

Nos dias que correm, o sector residencial é também um alvo de aplicação deste tipo de sistemas.

O aquecimento moderno com *pellets* é muito diferente do aquecimento tradicional de queima de lenha numa lareira. Ainda assim, só com o amadurecimento da tecnologia é que o mercado residencial se tornou mais receptivo à instalação deste tipo de sistemas [58].

Os novos clientes estão atentos ao facto dos combustíveis usados serem significativamente mais baratos que o fuelóleo ou o gás. A juntar a este facto, facilmente se constata que o uso desta fonte de energia oferece uma maior segurança no fornecimento e armazenamento ao mesmo tempo que promovem benefícios ambientais [8].

Habitações já existentes e equipadas com sistemas de aquecimento convencionais têm sido alvo de substituição por sistemas de aquecimento baseado em *pellets*. Verifica-se um alargamento desta aplicação englobando igualmente loteamentos e urbanizações [25].

Perante este cenário, o uso de uma caldeira a *pellets* para fins de aquecimento, tornou-se numa opção real e credível no actual contexto de concepção e projecto de instalações residenciais.

3.3 Aspectos Construtivos da Caldeira

A dimensão das caldeiras de *pellets* vem associada à potência requerida.

As caldeiras a *pellets* utilizadas no sector residencial apresentam a mesma tecnologia e princípio de funcionamento que da indústria e comércio [25].

A tecnologia presente é avançada e apresenta bastantes automatismos associados ao funcionamento da caldeira.

Existe apenas distinção na escala, já que as potências de aplicação no sector agora considerado são menores, o que se traduz em sistemas de menor dimensão [18].

Na figura 3.1 é possível observar uma vista lateral de uma caldeira de *pellets*, cujo esquema demonstra o princípio de funcionamento básico da mesma.

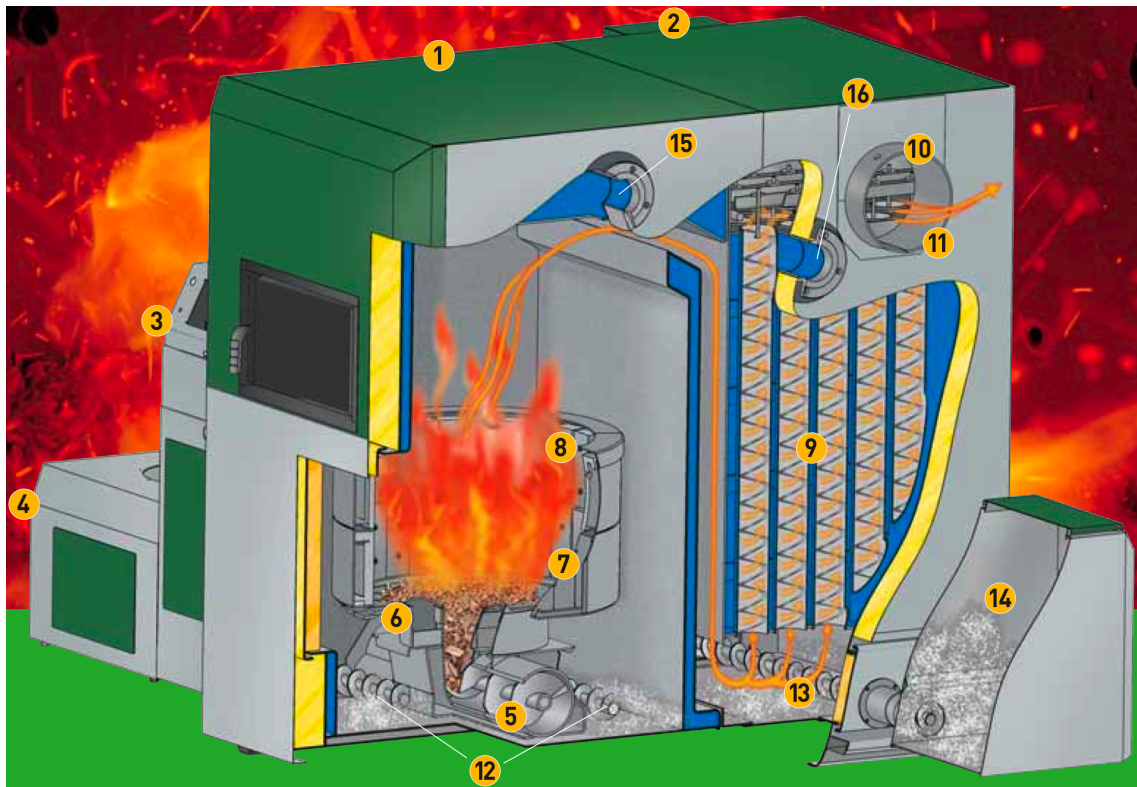


Figura 3.1: Ilustração lateral de uma Caldeira a *Pellets* [17].

- | | |
|---|---|
| 1 → Módulo da Câmara de Combustão; | 9 → Tubagem Vertical de Troca de Calor; |
| 2 → Módulo de Troca de Calor; | 10 e 11 → Ventilador de Ar; |
| 3 → Módulo de Controlo Integrado; | 12 → Parafusos de Descarga de Cinzas provenientes da Combustão; |
| 4 → Funil intermédio; | 13 → Parafuso de Descarga de Cinzas; |
| 5 → Parafuso removível do alimentador da Câmara de Combustão; | 14 → Contentor de Cinzas; |
| 6 → Ignição Automática; | 15 → Ligação de Fluxo; |
| 7 → Câmara de Combustão; | 16 → Ligação de retorno. |
| 8 → Anel Separador; | |

Figura 3.2: Legenda da Ilustração lateral de uma Caldeira a *Pellets* [17].

3.4 Manutenção da Caldeira

Uma das principais vantagens de uma caldeira a *pellets* é a sua manutenção simplificada.

A maior diferença entre a operação de uma caldeira a *pellets* e a fuelóleo consiste na necessidade da remoção periódica das cinzas resultantes da combustão. É importante escolher com antecedência a pessoa que vai ter a responsabilidade de realizar esta tarefa e controlar o armazenamento do combustível. Se a caldeira não possuir um sistema automático de limpeza do permutador de calor, é também necessário efectuar a limpeza periódica da caldeira devido à acumulação de cinzas volantes.

As caldeiras com tecnologia e automatização mais avançada necessitam, em condições normais, de uma operação de manutenção mensal [18].

3.5 Automatização da Caldeira

Nos últimos anos, têm-se conseguido grandes avanços no que respeita ao aumento da eficiência das caldeiras e redução das emissões de partículas e monóxido de carbono, obtidos particularmente por melhoramentos no desenho da câmara de combustão, na entrada de ar e nos sistemas de controlo automático do processo de combustão [41]. Na última década, as caldeiras automáticas aumentaram a sua eficiência de 60% para 85 - 92%, e as emissões de CO diminuíram de valores da ordem das 5000 mg/m³ para 50 mg/m³ ou inferiores. De acordo com um estudo dinamarquês, o valor médio anual da eficiência energética dos sistemas de aquecimento a biomassa em edifícios de grandes dimensões (relação entre a energia contida no combustível e a energia térmica entregue ao edifício) é de 78% [18]. Existem porém diferenças significativas entre os equipamentos existentes nos diversos países Europeus. É da maior importância seleccionar caldeiras que se ajustem às grandes exigências do aquecimento residencial. As caldeiras convencionais, projectadas para uso industrial, podem ter valores de emissões mais significativos, uma menor eficiência e necessitarem de uma maior manutenção. A forma mais segura de obter informações sobre as caldeiras é pedir referências de projectos exemplares e visitá-los para avaliar o desempenho da caldeira [25] [18].

Nos tempos que correm, já é possível comandar a caldeira via telemóvel através de uma mensagem escrita, já que existem caldeiras que podem trazer um modem (opcional). Ainda mais, no caso de possuir este modem, numa situação de emergência, é automaticamente enviado um sinal de alarme para a empresa técnica responsável pela manutenção da caldeira. Torna-se então possível uma total gestão através de um computador o que contribui para agilizar e facilitar o trabalho técnico [24].

3.6 Sistemas de Descargas de Cinzas

Os *pellets* são classificados como um combustível renovável, proveniente da biomassa. Quando comparado com outros combustíveis, em especial os de origem fóssil, apresenta valores de emissões muito inferiores [8].

Ainda assim, todo o processo que envolve a produção de calor através da combustão de *pellets* não é totalmente limpo. Merece destaque um dos produtos resultantes da combustão do *pellets*, as cinzas.

As cinzas resultantes da combustão da madeira não são perigosas e são frequentemente usadas como fertilizantes. Normalmente, nas zonas urbanas, podem ser depositadas juntamente com o lixo, devendo no entanto ser verificado o regulamento local [18].

A composição média das cinzas é apresentada na seguinte tabela:

Tabela 3.1: Composição media das cinzas [18].

Componentes Químicos da Cinza	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
Quantidade presente na Cinza (%)	24.6	46.6	4.8	6.9	0.5	3.8

Surge associado ao sistema, mais concretamente à caldeira, um compartimento que serve como depósito de cinzas resultantes da combustão dos *pellets* que ocorre no interior da caldeira. Existem alguns sistemas de descarga de cinzas tais como:

- Extractor de Vácuo - A cinza é removida do depósito interno da caldeira e da câmara de poeira para um compartimento externo através de um movimento pneumático de sucção manualmente operado;
- Descarga usando um eixo helicoidal - A cinza é removida do depósito interno da caldeira e da câmara de poeira através de um sistema automático de eixo helicoidal [17].

3.7 Sistemas de Armazenamento

Como já foi mencionado anteriormente, os *pellets* apresentam uma elevada densidade permitindo um armazenamento compacto e um transporte mais económico a longas distâncias.

Uma tonelada de *pellets* de madeira produz sensivelmente a mesma energia que uma tonelada e meia de madeira, sendo que os *pellets* necessitam de muito menos espaço de armazenamento comparativamente com a lenha normal [25].

Por outro lado, o armazenamento de *pellets* é mais seguro do que no caso de combustíveis como o gás ou o gasóleo já que não há fugas nem perigo de explosão [25].

Ainda assim, o espaço necessário para o armazenamento desta biomassa florestal constitui-se como um dos entraves à implementação destes sistemas. Isto sucede sobretudo em instalações já existentes uma vez que, no caso de instalações que ainda se encontram em fase de projecto, é possível promover soluções que enquadrem o espaço necessário para este sistema [18].

As empresas responsáveis pela instalação destes sistemas possuem um conjunto de soluções que permitem escolher qual a melhor opção consoante a disponibilidade espacial do cliente. O combustível pode ser armazenado numa divisão junto à caldeira, no interior do edifício a aquecer, ou fora deste; nesta última situação o depósito pode ser subterrâneo ou encontrar-se à superfície, efectuando-se o transporte do combustível até à caldeira através de um transportador de parafuso. Uma outra solução consiste na localização do armazém de *pellets* perto do edifício e posicionado por cima de uma rampa de carregamento, que transporta o combustível até à caldeira [18].

A selecção do sistema de armazenamento condiciona directamente a escolha do sistema de transporte e de entrega de combustível. No caso de silos à superfície, é aconselhada a utilização de veículos munidos de pás carregadoras para a descarga do combustível. Para a situação de silos subterrâneos, é necessário o recurso a veículos com báscula (traseira ou lateral) para se proceder à descarga do combustível, sendo esta a solução mais usual.

Se a entrada do depósito de combustível não estiver localizada ao centro, devem ser utilizados sistemas tipo espiral para distribuir o combustível dentro deste e minimizar os espaços livres, o que encarece um pouco o sistema. É muito importante assegurar que não entre água no armazém de combustível [18].

3.7.1 Tipos de Descarga

O transporte de combustível desde o local de armazenamento até à caldeira pode ser realizado de diferentes formas. De seguida são apresentadas diversas configurações possíveis para a descarga de *pellets*:

- **A Descarga do espaço de armazenamento através do agitador horizontal da mola (1) com parafuso em ascensão**, permite um melhor funcionamento. O parafuso de enchimento (2) distribui os *pellets* uniformemente durante a entrega;

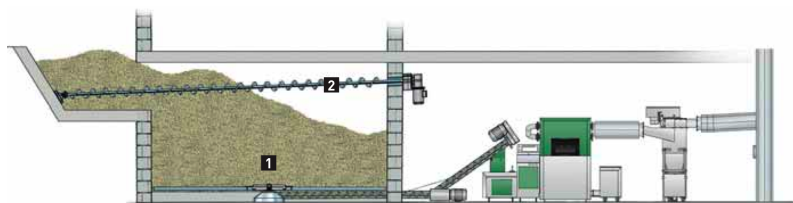


Figura 3.3: Descarga Horizontal com agitador da mola com parafuso em ascensão [17].

- **Descarga Transversal com agitador da mola.** O espaço de armazenamento e a caldeira estão ao mesmo nível; A descarga das *pellets* é feita através do parafuso inclinado;



Figura 3.4: Descarga Transversal com agitador da mola [17].

- **Descarga através de um sistema hidráulico de arrastamento;** Sistema dispendioso mas com vantagens relativas à utilização do volume de armazenamento disponível;



Figura 3.5: Descarga através de chão hidráulico andante [17].

- **Descarga Horizontal com agitador de mola e rampa de queda.** O espaço de armazenamento e espaço da caldeira encontram-se em níveis diferentes;



Figura 3.6: Descarga Horizontal com agitador de mola e rampa de queda [17].

- **Descarga através do parafuso do pêndulo do silo;** Para sistemas sem um agitador de mola a base do funil deve inclinar-se até um ângulo mínimo de 45 graus.

3.8 Dimensionamento do Armazenamento

O tamanho do armazém de combustível depende de vários factores tais como: necessidade prevista de combustível, tipo de combustível, segurança de abastecimento, espaço disponível, capacidade do veículo de entrega, etc [25] [18].

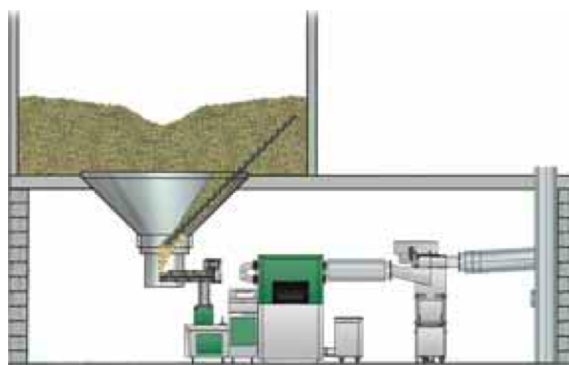


Figura 3.7: Descarga através do parafuso do pêndulo do silo [17].

No caso de se pretender instalar um sistema de aquecimento a *pellets* num edifício já construído, a maioria das vezes a solução mais eficiente a considerar é adaptar o modo de entrega de combustível ao espaço existente para armazenamento, em vez de criar uma nova divisão para este fim.

O preenchimento de mais de 70% do armazém é uma tarefa difícil, e é importante que um camião cheio de combustível possa ser descarregado sem haver necessidade de aguardar pelo esvaziamento do depósito. Assim, no caso de um edifício ainda em fase de projecto, o espaço mínimo reservado ao armazenamento de combustível deverá ser cerca de 50% maior do que o equivalente a uma carga completa de um camião e, ao mesmo tempo, ser suficiente para armazenar o combustível necessário para duas semanas. No caso de existir insegurança no abastecimento de *pellets*, a opção por uma caldeira auxiliar, a funcionar com outro combustível, deverá ser considerada, podendo ser reduzido o espaço reservado ao armazenamento de *pellets*. No caso de o edifício já possuir um sistema convencional a gás ou a gasóleo, este é sempre mantido para suprir possíveis situações de manutenção ou emergência [18]. Como os *pellets* são normalmente mais baratos durante os meses de Verão, nos sistemas de pequena dimensão poderá ficar mais económico reservar para o armazenamento deste combustível um espaço equivalente ao volume de *pellets* a consumir durante o ano inteiro [18].

É também importante planear a operação de esvaziamento do armazém de combustível em caso de necessidade.

Devido ao risco de incêndio, a casa da caldeira e o armazém de combustível devem estar sempre separados.

É necessário verificar se o projecto contempla espaço suficiente para permitir a manutenção e reparação do equipamento. A casa da caldeira deve conter espaço suficiente para as operações diárias de manutenção e de reparação da central. Uma das actividades que requer mais espaço é a substituição do sistema de alimentação da caldeira. No caso de não existir um sistema de limpeza automático dos tubos do permutador de calor, é também necessário assegurar que existe espaço adequado para esta operação de limpeza [8] [18].

O armazenamento de *pellets* deverá ter características específicas, de modo a prevenir problemas de degradação de combustível ou até mesmo de explosão. O espaço para armazenar os *pellets* deverá ser:

- Completamente seco;
- Nos sistemas em que os *pellets* são colocados no armazém, através de mangueiras ligadas ao contentor dos camiões, como acontece em países como a Áustria, Dinamarca ou Suécia, deve existir uma protecção de borracha a cobrir as paredes do armazém, de forma a amortecer o choque dos *pellets*;
- A porta deve ser do tipo corta-fogo, estreita e protegida por tábuas de madeira para resistir ao choque dos *pellets*;
- Não devem existir instalações eléctricas no interior;
- As paredes devem ser suficientemente fortes para resistir à pressão dos *pellets*;
- As paredes devem ser resistentes ao fogo durante 90 minutos (grau corta fogo CF 90);
- Anualmente devem ser removidas as partículas acumuladas no depósito de combustível e devem ser lubrificados os rolamentos do transportador de parafuso [18].

3.9 Selecção da Caldeira

Existem diferentes tipos de caldeiras automáticas, dos quais os mais comuns são:

- Unidades Compactas: São caldeiras de maior dimensão do que as versões domésticas de caldeiras a *pellets*. Projectadas especificamente para o aquecimento doméstico, apresentam características de grande nível de conforto e de segurança, como a limpeza automática e a ignição eléctrica;
- Caldeiras com Alimentação Inferior: São caldeiras destinadas a combustíveis com baixa percentagem de humidade e de cinzas, como a estilha seca ou os *pellets*. Deve ser verificado se poder também ser utilizadas em sistemas de aquecimento residencial;
- Caldeiras de Grelha Móvel em Degraus: Estas caldeiras são normalmente utilizadas em instalações de grande potência (superior a 1000 kW). São equipamentos mais caros mas que permitem queimar biomassa com alto teor de humidade e de cinzas;
- Caldeiras a Fuelóleo convertidas em Caldeiras a *Pellets*: Esta é uma solução comum nos países escandinavos, consistindo em introduzir um queimador de *pellets* numa

caldeira antiga a fuelóleo. É uma alternativa menos dispendiosa mas com algumas desvantagens, nomeadamente, o seu rendimento energético é reduzido (aproximadamente 30%), a recolha de cinzas e a limpeza da caldeira não são processos automatizados e o trabalho de manutenção é bastante intenso [18] [17].

Existem ainda outros tipos de caldeira. É fundamental para a escolha deste equipamento conhecer o tipo de combustível que vai ser utilizado. A caldeira deve ser seleccionada de acordo com as características do combustível disponível [25] [18].

Devem ainda ser considerados os seguintes pontos para a selecção de uma caldeira:

- Eficiência superior a 85%;
- Emissões de CO inferiores a 200 mg/m² e de partículas menores que 150 mg/m³ (à carga nominal de 50
- Limpeza automática dos permutadores de calor e remoção automática de cinza;
- Controlo remoto da caldeira (pelo fabricante);
- Alta fiabilidade confirmada por instalações exemplares em projectos semelhantes [18].

3.9.1 Gama de Potências e Eficiência Energética

Actualmente, existe uma vasta oferta no que diz respeito a caldeiras que usam como combustível os *pellets*, havendo por isso bastantes opções de escolha.

A gama de potências disponíveis encontra-se, tendo em conta o tipo de aplicação, entre 2 kW até alguns MW, sendo que este intervalo difere de marca para marca [17] [24] [23].

De seguida, são apresentadas três tabelas relativas a potências de três marcas distintas.

Tabela 3.2: Diferentes potências de caldeiras a *pellets* da marca STU [23].

Tipo de modelo STU	150	200	250	300	350	425	500	600	800	1000
Potência Máxima de Funcionamento (kW)	170	220	270	325	376	450	501	650	800	1200
Potência Mínima de Funcionamento (kW)	51	85	95	115	117	150	150	250	320	350

Tabela 3.3: Diferentes potências de caldeiras a *pellets* da marca Herz [17].

Tipo de modelo Herz	220	250	300	350	400	500
Potência Máxima de Funcionamento (kW)	220	250	300	350	400	500
Potência Mínima de Funcionamento (kW)	54	54	79	79	79	79

Tabela 3.4: Diferentes potências de caldeiras a *pellets* da marca BIOCALORA [24].

Tipo de modelo BIOCALORA	KP10	KP11	KP20	KP21	KP50	KP51
Potência Máxima de Funcionamento (kW)	14.9	17	25	29	48	45.2
Potência Mínima de Funcionamento (kW)	4.5	5	7.5	8	13	13

Ainda assim, poderão existir sistemas com potências superiores, da ordem dos megawatt, mas não são abordadas neste documento. A selecção de uma caldeira com potência adequada, tendo em conta os níveis de calor de que a instalação necessita efectivamente, é uma medida muito importante de eficiência energética.

É frequente escolher-se uma caldeira com tamanho maior do que o necessário. Na realidade, as caldeiras com capacidade superior à necessária podem apresentar uma eficiência mais baixa do que o previsto e, portanto, uma menor economia de combustível [25] [18].

No que diz respeito à eficiência energética, as caldeiras a *pellets* apresentam valores extremamente satisfatórios, sempre próximos dos 90 % e superando mesmo este valor em alguns casos.

A eficiência energética difere de caldeira para caldeira, apesar da proximidade de valores.

De seguida apresentam-se diversas tabelas ilustrativas desta diferença.

Tabela 3.5: Eficiência energética para cada tipo de caldeira a *pellets* da marca STU [23].

Tipo de modelo STU	150	200	250	300	350	425	500	600	800	1000
Potência Nominal (kW)	156	200	250	300	376	425	501	600	800	1085
Eficiência Energética (%)	88.4	89	89.6	90.1	90.7	90.7	90.7	91.6	92.6	93.5

Tabela 3.6: Diferentes eficiências energéticas de caldeiras a *pellets* da marca BIOCALORA [24].

Tipo de modelo BIOCALORA	KP10	KP11	KP20	KP21	KP50	KP51
Potência Máxima de Funcionamento (kW)	14.9	17	25	29	48	45.2
Eficiência Energética (%)	88	92	88	92	91	91
Potência Mínima de Funcionamento (kW)	4.5	5	7.5	8	13	13
Eficiência Energética (%)	85	91	85	91	90	90

3.9.2 Potência Instalada e Necessidade de Combustível

No início do projecto é essencial calcular de forma a otimizar a potência instalada dar respostas às necessidades energéticas da instalação, pois este valor assume grande importância, quer em termos económicos, quer no próprio desempenho do sistema. Nos casos práticos que serão apresentados e analisados, o sistema de aquecimento a *pellets* será implementado para substituir o sistema convencional existente. A quantidade de combustível consumido no sistema anterior é a melhor base de cálculo para determinar as necessidades de combustível e a potência a instalar [18].

No caso de ser instalado num edifício novo, a energia térmica e a necessidade energética deverão ser calculadas a partir dos dados de áreas de superfície a climatizar e necessidades de água quente actuais, e não com base em antigos valores padrão que poderão encontrar-se desactualizados [25] [18]. Trata-se de um cálculo complexo que não será descrito neste trabalho.

3.10 Ruído associado ao Sistema

É habitual surgirem problemas de ruído associados ao funcionamento dos sistemas de aquecimento a biomassa que pode causar desconforto aos seus utilizadores.

Na fase de projecto é necessário tomar algumas medidas, simples e baratas, de forma a evitar este tipo de problemas no futuro. As maiores fontes de ruído são a ventilação do ar e gases de combustão e o sistema de transporte de combustível [25] [18]. Para evitar estas situações devem ser consideradas as seguintes medidas:

1. Adequar a arquitectura dos edifícios para que os quartos de dormir não fiquem localizados sobre a divisão onde se encontra a caldeira, nem sejam atravessados pelas chaminés;
2. Caso se trate de um edifício em construção, uma medida efectiva e barata é desligar o chão das paredes da casa da caldeira e do local de armazenamento de combustível, inserindo um material elástico entre eles, deixando assim de existir uma ligação rígida entre as paredes e o chão;
3. Qualquer ponto de contacto entre as partes mecânicas e as paredes ou o chão deverão ter isolamento acústico;
4. Consultar o fabricante da caldeira no sentido de saber quais as medidas que foram tomadas para limitar as emissões de ruído (por exemplo: selecção de motores);
5. Visitar várias instalações e comparar as emissões de ruído durante a sua operação. Não estão definidos níveis de ruído standard, pois o ruído provocado por uma instalação deste tipo está dependente do ambiente em que se insere;
6. Escolher a chaminé adequada, tendo em consideração que as chaminés de aço são mais ruidosas que as chaminés em betão;
7. Quer por causa do ruído, quer por outras razões de ordem técnica e organizacional, é preferível, em alguns casos, colocar a casa da caldeira e o armazém de combustível num edifício separado [18].

3.11 Sistemas Híbridos

3.11.1 Definição

Os sistemas híbridos são sistemas normalmente de pequenas dimensões, que combinam várias fontes de energias renováveis ou renováveis e não renovável [34].

Um sistema híbrido pode ser usado para a produção de calor para fins de aquecimento central e de águas sanitárias. Neste caso particular, surge um sistema que interessa explorar e que associa a energia do Solar Térmico e a da Biomassa através de uma caldeira a *pellets* [18].

3.11.2 Solar Térmico e Caldeira a *Pellets*

A energia solar térmica é uma solução técnica ideal para aquecer as águas sanitárias. No caso de edifícios onde se preveja um elevado consumo de água quente sanitária ou de climatização de piscina coberta, deverá recorrer-se à implementação de sistemas de captação, armazenamento e utilização de energia solar de baixa temperatura, adequada à radiação solar global da localização e à necessidade de água quente imposta pelo edifício [59] [60].

A combinação de uma caldeira a *pellets* com um sistema de energia solar pode surgir como uma opção bastante atractiva, uma vez que existe complementaridade nas estações mais quentes (onde há baixo consumo de calor) o sistema solar permite complementar o sistema de aquecimento a *pellets*, reduzindo a manutenção, as emissões e as perdas de energia que resultariam de uma utilização intermitente do sistema a *pellets*. O depósito de água quente do sistema de energia solar pode também ser utilizado para regular as variações de carga que se verificam durante os meses mais frios, o que se traduz numa vantagem importante, quer para as situações de pico de carga quer para as alturas de baixa necessidade de consumo energético. Um projecto bem calculado permite que, a energia solar possa ser usada quer para a produção de água quente sanitária quer para o aquecimento. A energia solar poderá ainda ser usada para o arrefecimento ambiente através de tecnologias inovadoras que estão disponíveis no mercado [18] [59].

Os painéis solares podem ainda acrescentar uma mais valia ao projecto pois reforçam o contributo ambiental. Existem actualmente benefícios fiscais e facilidade de acesso a créditos bancários para quem promover a instalação de painéis solares até ao final do ano de 2009 [23] [60]. Em detalhe, quem adoptar pela instalação pagará menos de metade do custo do equipamento, verá a sua factura energética anual reduzir-se em mais 20 por cento e terá ainda um benefício fiscal de 30 por cento do custo de investimento do primeiro ano [18].

3.11.3 Configurações do Sistema

Pode-se considerar um primeiro sistema composto por dois circuitos com armazenamento de água descentralizado.

De acordo com as necessidades, o calor é produzido quer através dos colectores solares quer através da caldeira. O calor circula através do edifício, directamente para os radiadores e para um permutador de calor que abastece o depósito de água quente descentralizado. Este sistema é atractivo, por exemplo, para um conjunto de casas, pois permite reduzir as perdas de circulação no verão, fazendo circular a água quente apenas periodicamente (por exemplo duas vezes por dia) para carregar o depósito de água quente descentralizado. De seguida é apresentado um esquema ilustrativo deste sistema [18].

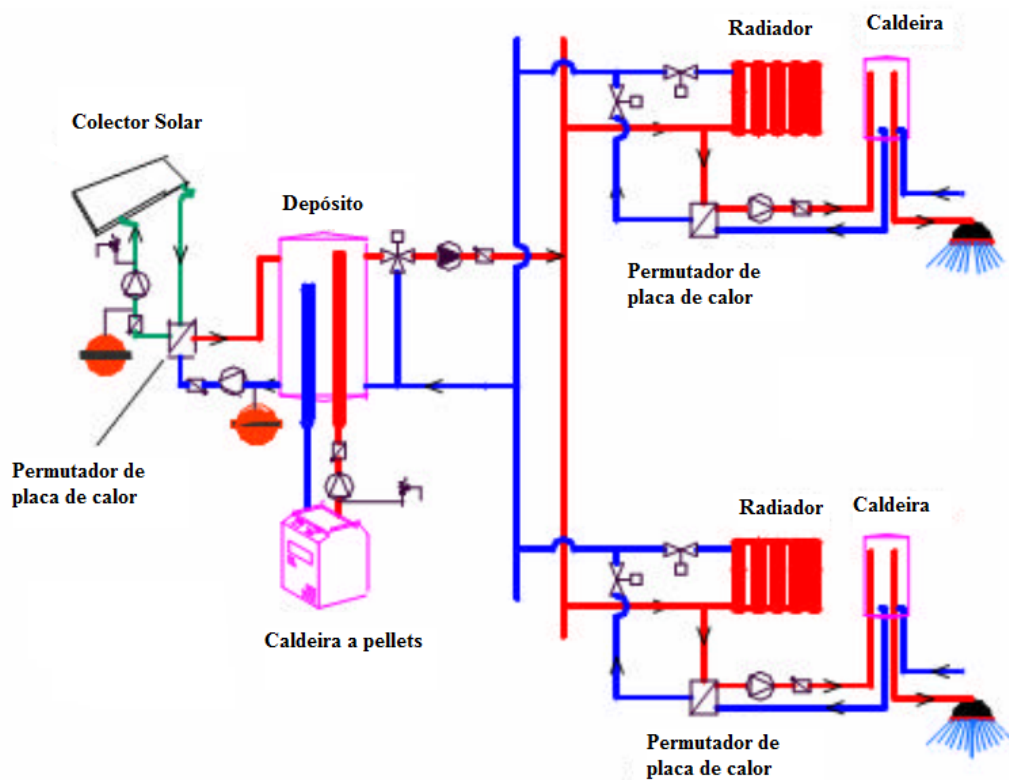


Figura 3.8: Sistema composto por dois circuitos com armazenamento de água descentralizado [18].

O segundo sistema pode ser descrito como um sistema de dois circuitos com produção directa de água quente.

O sistema de dois circuitos com produção directa de água quente via permutador de calor é ainda mais barato que o sistema anterior. O permutador de calor está integrado na central de transferência de calor que também inclui as canalizações para a água fria e calor, o sistema de comunicação electrónico com a casa da caldeira e outros elementos hidráulicos. De seguida é apresentado um esquema ilustrativo deste sistema [18].

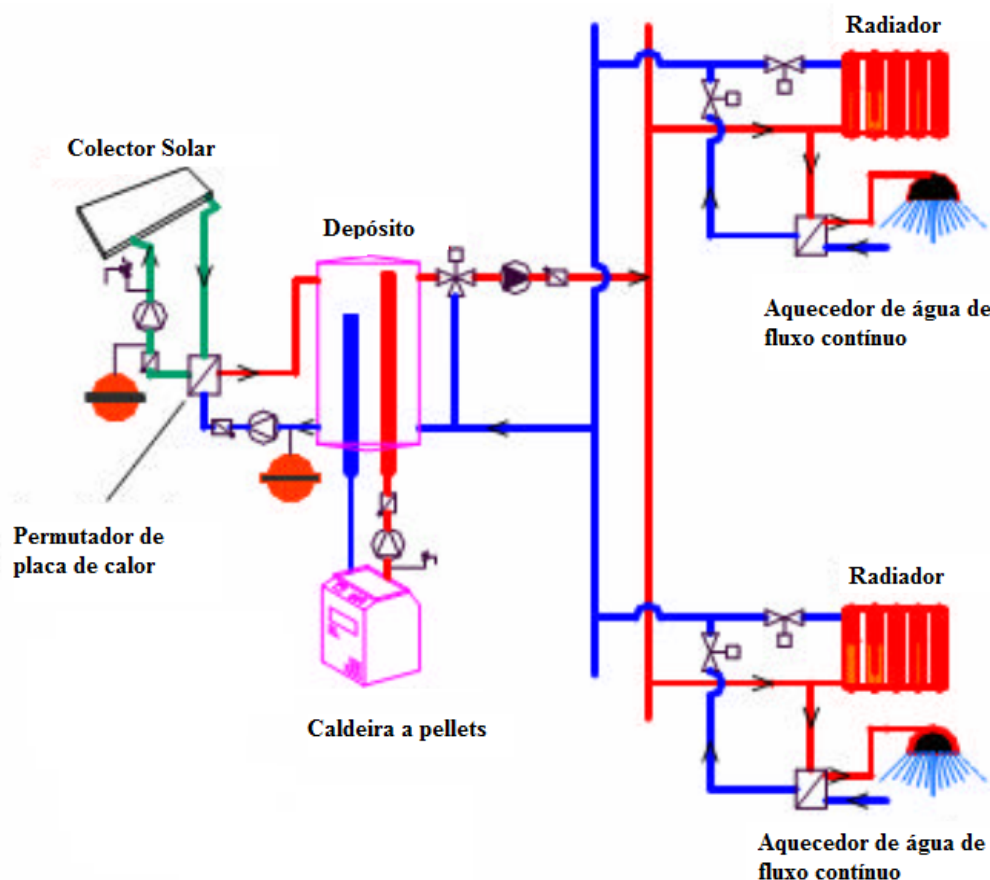


Figura 3.9: Sistema de dois circuitos com produção directa de água quente [18].

3.12 Metodologia de escolha da Potência do Sistema a Pellets

A primeira solução abordada é a implementação de uma solução de aquecimento a *pellets*, sem a inclusão de numa tecnologia complementar.

Após ser efectuada a análise dos consumos anuais da instalação em causa, quer seja de gás natural ou gás propano, considera-se o consumo total anual em kWt. Este valor será usado numa folha de Excel desenvolvida especificamente para a escolha da potência óptima da caldeira.

Inicialmente, considera-se um factor de utilização da caldeira unitário. Perante isto, é escolhido o valor mais próximo do consumo total anual da instalação. É de salientar que este valor é escolhido em excesso.

De seguida é efectuada uma divisão do consumo total anual da instalação pelo valor de produção total anual da caldeira escolhida, para que seja determinado o novo valor do factor de utilização da caldeira. Após este cálculo, o valor da factor de utilização é inserido e é obtida uma correspondência entre o consumo e a caldeira escolhida.

Encontra-se desenvolvido, na folha de Excel, um processo de cálculo para que seja

igualmente determinado o custo total anual em *pellets*. Começa com a passagem de kWt para kcal e finaliza com o custo total anual em *pellets* (em euros).

O processo consiste em:

- Primeiro converte-se o valor em kWt para kcal (sabendo que 1 kWt equivale a 859,85Kcal);
- O passo seguinte consiste em passar o valor em kcal para kg. Isto é determinado sabendo que o valor do poder calorífico inferior dos *pellets* (unidade é kcal/kg). Assim divide-se o valor em kcal por este (consideraram-se valores de poder calorífico inferior dos *pellets* de 3800, 4300 e 4750 kcal/kg);
- Após obter o valor em kg, é efectuada a conversão para a unidade de tonelada. Sabendo o custo dos *pellets* em €/ton (obtido através das negociações com os fornecedores de *pellets*) é efectuada a conversão final para €, obtendo-se assim o custo total anual em *pellets* de acordo com o consumo total anual e a caldeira pré-determinados.

No caso de um sistema híbrido, onde se inclui um sistema solar térmico como complemento, há um acréscimo de produção térmico devido a este e uma consequente diminuição da necessidade de produção do sistema a *pellets*.

A metodologia de determinação é igual, sendo apenas necessário subtrair a produção total anual do sistema solar térmico ao consumo total anual da instalação. Após isto, o processo é em tudo igual ao especificado anteriormente.

Em anexo foi colocado um quadro ilustrativo do processo de cálculo considerado.

Capítulo 4

Poupanças verificadas em Sistemas de Caldeiras a Pellets

Depois de elaborada a análise técnica, neste capítulo demonstra-se os ganhos existentes na implementação de um sistema baseado numa caldeira a *pellets*. De seguida, são apresentados dois casos distintos, no plano nacional e no plano internacional.

4.1 Exemplo Nacional

4.1.1 Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel

O caso apresentado será o Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel, localizado na Vila de Marvão.



Figura 4.1: Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel localizado na Vila de Marvão.

O hotel é constituído por 15 quartos (220 m²), um restaurante (80 m²), um bar (20 m²) e uma sala de lazer (30 m²). A área total é de 360 m². Os custos energéticos no ramo da hotelaria são elevados e, nos últimos tempos, o Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel tem tomado inúmeras medidas de forma a reduzir estes custos. O hotel encontra-se disposto a substituir o sistema convencional e antigo a combustíveis fósseis por um sistema recente e muito menos poluente a biomassa florestal [61].

É apresentada uma alternativa para o aquecimento central e aquecimento de águas sanitárias do hotel baseada numa caldeira a *pellets*. Pretende-se demonstrar que as poupanças que advêm da implementação de tal sistema permitem ultrapassar entraves como sejam o investimento inicial ou os custos de manutenção e operação do sistema [19].

4.1.1.1 Ideia Geral de Negócio

A ideia geral de negócio consistia em substituir o sistema convencional do hotel, composto por duas caldeiras antigas que funciona a gásóleo, por um sistema composto por uma caldeira a *pellets*. Pretendia-se que o novo sistema de bioenergia fosse capaz de suprir todas as necessidades de aquecimento e água quente durante a estação do Inverno.

Assim, através do sistema de biomassa florestal, esperava-se diminuir a dependência do hotel em termos de combustíveis fósseis. É um factor extremamente vantajoso uma vez que, este tipo de combustíveis apresenta uma elevada volatilidade no preço bem como elevados valores de emissões de gases nocivos. A opção pela biomassa florestal permitiria poupanças no combustível e ao mesmo tempo transpareceria uma imagem positiva do hotel em termos de consciência ambiental [19].

4.1.1.2 Combustível

O sistema proposto foi uma caldeira a *pellets* com uma potência de 50 kW.

O fornecimento de *pellets* ficaria a cargo de uma fábrica de *pellets*, que seria estabelecida numa zona próxima, e que também seria responsável pelo fornecimento a outras instalações que se preparavam para instalar sistemas com igual tecnologia. O investimento na fábrica provém de um consórcio de empresas nacionais que pretendem expandir o mercado de produção de *pellets* em Portugal.

Até que a fábrica se encontre totalmente estabelecida, o fornecimento iria ser garantido através da importação de *pellets*, prevendo-se uma diminuição no custo da matéria-prima a partir do momento em que a fábrica de produção de *pellets* se encontre em pleno funcionamento.

4.1.1.3 Benefícios para o Hotel

O antigo sistema de aquecimento do Hotel consistia em duas caldeiras a gasóleo com uma capacidade térmica nominal de 152 kW, sendo capazes de gerar anualmente 135 MWh.

O cálculo efectuado foi:

$37 \text{ litros por dia} \times 365 \text{ dias} = 13505 \text{ litros} = 13.5 \text{ m}^3 \Rightarrow 13.5 \text{ m}^3 \times 10 \text{ MWh} / \text{m}^3 = 135 \text{ MWh}$

Normalmente, quando uma das caldeiras se encontra em operação a outra encontra-se desligada, servindo como backup em situações de emergência. O consumo médio de combustível das caldeiras variou de 31 litros em 2002 para 37 litros em 2005. Assim, o custo em combustível aumentou de 4.647 € em 2002 para 9.106 € em 2006. Tendo em conta valores de 2006, o custo em *pellets*, para que fosse obtida a energia equivalente, seria de 6.600 €. O cálculo efectuado foi:

Custo em Pellets: $135 \text{ MWh} / (5 \text{ MWh} / \text{ton}) = 27 \text{ ton} \Rightarrow 27 \text{ ton} \times 200 \text{ €/ton} = 5.400 \text{ €}$

Facilmente se conclui que seria obtida uma poupança anual de cerca de 3.700 €.

É importante fazer um levantamento dos consumos para que sejam identificados quais os meses mais críticos do ano, e para que seja efectuado um correcto dimensionamento da nova caldeira.

Neste caso, a altura onde se verificou mais consumo por parte do antigo sistema foi nos meses de Inverno (altura do ano mais fria). De seguida é apresentado um gráfico relativo aos consumos de combustível do sistema antigo em diversos anos [19].

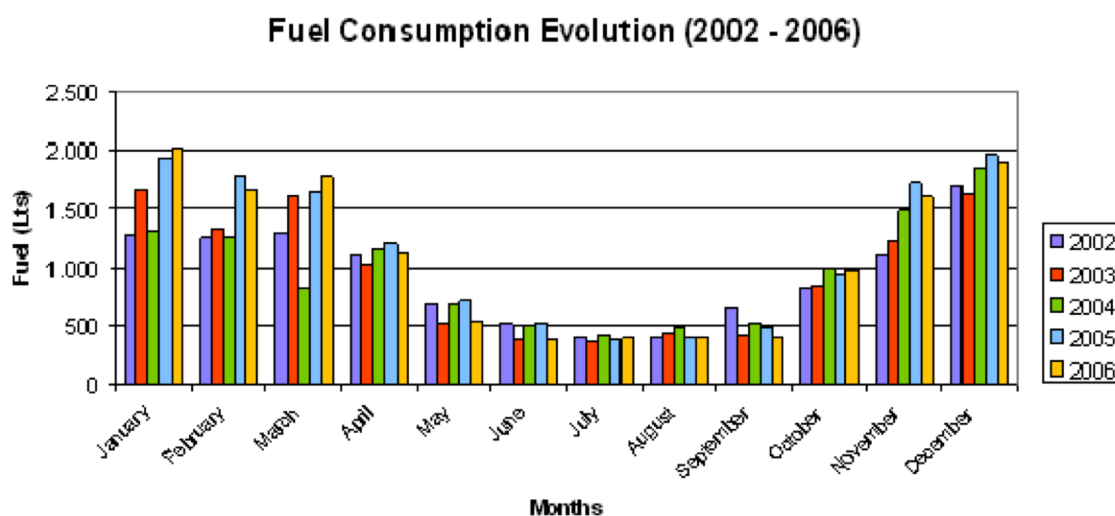


Figura 4.2: Consumo de gasóleo por parte do sistema convencional [19].

4.1.1.4 Operação e Manutenção

A caldeira a *pellets* seria operada de maneira semelhante ao que sucedia com o sistema anterior. Aliás, tratando-se de uma tecnologia mais recente, seria um bloco mais automatizado e portanto necessitando de menor operação manual. De qualquer forma ficaria a cargo do Hotel definir uma pessoa responsável pela operação do sistema.

No que diz respeito à manutenção do sistema (situações como limpeza de cinzas, necessidade de alguma afinação ou substituição de peças, etc.) seria contratada uma equipa à empresa responsável pela instalação do novo sistema.

O Hotel compraria combustível importado até que a fábrica tivesse pronta para fornecer [19].

4.1.1.5 Equipamento e Instalação

Uma das caldeiras a gásóleo será removido, ficando a outra para suportar possíveis situações de emergência (picos de carga, interrupções repentinas, etc.) ou de necessidade de manutenção do novo sistema. Assim que uma das caldeiras for removida torna-se possível instalar a caldeira a *pellets* no espaço entretanto criado.

Normalmente, é necessário mais espaço para instalar uma caldeira a *pellets* do que uma caldeira convencional a gásóleo para uma mesma potência mas, neste caso, o espaço criado é suficiente já que a caldeira antiga tem uma potência de 80 kW (modelo antigo de grande dimensão) enquanto que a nova caldeira a biomassa florestal tem uma potência de apenas 50 kW (novo modelo mais compacto e eficiente).

É importante garantir espaço para a instalação do silo onde será armazenado o combustível. Para a mesma capacidade de armazenamento, é necessário um silo bastante maior do que depósito de armazenamento de gásóleo. Se o poder calorífico dos *pellets* é cerca de 5 MWh/m³ e do gásóleo é aproximadamente 10 MWh/m³, conclui-se que o silo terá que ter o dobro da capacidade de armazenamento do depósito de gásóleo.

Nesta situação particular, existe um celeiro vazio que poderá servir de local de implementação para o silo de armazenamento. Existe espaço de manobra suficiente para que os camiões que transportam os *pellets* consigam depositar estes no silo. Entretanto, é também necessário considerar a ligação de alimentação automática desde o silo até à caldeira.

A eficiência da caldeira instalada será de cerca de 80 % [19].

4.1.1.6 Plano Financeiro

Trata-se de uma estimativa pessimista, uma vez que se prevê um aumento do preço da energia (volatilidade nos preços dos combustíveis fósseis), o que se traduzirá numa diminuição no tempo de retorno do investimento.

Tabela 4.1: Plano Financeiro do projecto [19].

POUPANÇAS	€
Custo do Gasóleo no sistema antigo (para uma média de 37 litros por litro e preço de 2006)	9.106
CUSTOS	
Custo em Pellets de madeira (Para um consumo anual de 165 MWh à 33 toneladas de <i>pellets</i> , a 200 € a tonelada).	5.800
Uso suplementar de Gasóleo	800
Custos de Manutenção	100
TOTAL	6.700
BALANÇO POUPANÇAS/CUSTOS	2.406
INVESTIMENTO INICIAL	
Caldeira + sistema de alimentação automático + Silo	28.000
Taxa de Retorno	8.5 %
Tempo de Retorno do Investimento	12 anos

O único risco latente neste projecto prende-se com o fornecimento de *pellets*, uma vez que existe um desencontro temporal entre a entrada em funcionamento da fábrica produtora de *pellets* e a entrada em funcionamento do sistema de caldeira a *pellets* no hotel. Esta situação poderá ser remediada, usando a importação como recurso auxiliar até que a fábrica se encontra capaz de fornecer os *pellets* ao hotel.

4.2 Exemplo Internacional

4.2.1 Central de Produção de Calor de *Eberswalde* (Alemanha)

A comunidade residente em *Eberswalde* na Alemanha decidiu promover a substituição do convencional sistema de aquecimento a gás. Em vez de uma solução individualizada, foi proposto, por uma empresa, a criação de uma central de produção de calor baseada numa caldeira a *pellets*.

Esta nova central seria gerida por uma empresa que se responsabilizava pelo fornecimento de calor à zona residencial de *Eberswalde*.

4.2.1.1 Ideia Geral de Negócio

A empresa pretendia criar uma central de produção de calor através de *pellets* com uma potência de 250 kW. A empresa seria responsável por vender o calor produzido, gerir a central, coordenar e assegurar todos os serviços e operações de manutenção associadas à central.

Pretendia-se garantir contratos de fornecimento de calor extensos (cerca de 15 anos). O primeiro cliente foi um complexo administrativo que pertence à comunidade de Eberswalde.

Neste complexo, foi decidido substituir-se o antigo sistema de aquecimento a gás por fornecimento directo da central. O complexo administrativo é composto por seis edifícios que se encontram ligados por uma rede de aquecimento. A área total dos edifícios é de 3.879 m^2 e as necessidades anuais em termos de calor são de 1166 MWh.

Para suprir grande parte deste consumo, foi instalada uma caldeira a *pellets* com uma potência de 250 kW e com uma eficiência de 90 % na central. A caldeira a *pellets* têm como sistema secundário de backup uma das antigas caldeiras a gás de 500 kW. Foi instalado um sofisticado sistema de controlo que, de acordo com os níveis de consumo, decide se há necessidade de ligar o sistema de backup.

A caldeira a *pellets* apresenta uma produção anual de 1049,4 MWh para uma eficiência de 90 %, tendo a caldeira a gás que garantir 116,6 MWh e em situações de emergência.

4.2.1.2 Combustível

São usados *pellets* como combustível na central de produção de calor. O consumo anual total é 1166 MWh, sendo suportado pelos *pellets* com a entrada do gás em situações de pico de consumo ou emergência.

Os *pellets* utilizados apresentam um poder calorífico inferior de 5 kWh/kg e são fornecidos por uma fábrica localizada em Schwedt (localidade próxima). O consumo médio anual estimado em *pellets* é de cerca de 233 toneladas se a caldeira garantir 90 % do consumo total.

O preço da tonelada é de 150 €, obtendo-se um preço total em *pellets* de 34.950 €.

O gás usado adicionalmente, é fornecido por uma empresa local (Stadtwerke) com um preço de 50.90 €/ MWh. Para um consumo anual de 116.6 MWh, existe um custo em gás de 5.935 €.

Em termos de taxa de crescimento do preço dos combustíveis, num horizonte de dez anos, espera-se um crescimento dos *pellets* em cerca de 20 % enquanto que no caso do gás é expectável um aumento próximo dos 150 %.

4.2.1.3 Benefícios

O principal benefício prende-se com o facto do cliente não ter necessidade de investir num novo sistema de aquecimento.

A empresa assegura todas as operações. O cliente pode comprar calor a um melhor preço sem ter preocupações relacionadas com fornecimento de combustível, manutenção ou outras operações.

4.2.1.4 Operação e Manutenção

A empresa assegura, na totalidade, a operação e manutenção do sistema.

Os contratos de fornecimento de combustível são igualmente garantidos pela mesma entidade.

Os clientes apenas assinam um contrato de fornecimento a longo termo com a empresa. Este contrato foi denominado por *worry-free contract*.

4.2.1.5 Equipamento e Instalação

O equipamento escolhido foi uma caldeira a *pellets* da marca MAWERA tipo FU 220 RIA, com uma potência nominal de 250 kW e uma eficiência de 90 %.

O sistema de armazenamento de *pellets* foi instalado numa cave renovada com uma capacidade de 40 m³. O consumo anual estima-se que seja entre 220 e 240 toneladas de *pellets*.

Foi mantida uma das antigas caldeiras a gás de 500 kW para situações de emergência ou interrupção súbita do sistema principal.

4.2.1.6 Plano Financeiro

4.3 Conclusões

Pela análise financeira elaborado nos dois casos apresentados, facilmente se conclui que estamos perante investimentos certos e viáveis, e que, simultaneamente vão de encontro às actuais políticas ambientais. Tal como ocorre noutras tecnologias, também aqui existem alguns impedimentos, mas que em grande parte do casos acabam por ter solução.

Tabela 4.2: Plano Financeiro do projecto.

RENDIMENTOS	€/ano
Fornecimento de Calor	81.620 (1166 MWh * 70 €/MWh)
TOTAL	81.620
CUSTOS DE OPERAÇÃO	
Pellets	34.950 (233 ton * 150 €)
Gás	5.935 (116.6 MWh * 50.60 €/MWh)
Energia eléctrica	3.732 (tarifa de 0,18 €/kWh)
Serviços de Operação e Manutenção	11.100
TOTAL	55.717
RENDIMENTO OPERACIONAL ANUAL	25.903
CUSTOS FINANCEIROS	€/ano
Empréstimos	7.380
Desvalorização (supondo uma nova central dentro de 15 anos)	2.487
TOTAL	9.867
LUCRO (BRUTO)	17.840
IMPOSTO (30%)	5.352
PROVEITO (LÍQUIDO)	12.488
INVESTIMENTO INICIAL	€
Sistema da caldeira + Ferramentas + Equipamento básico	38.800
Taxa de Retorno	32%
Tempo de Retorno do Investimento	≈ 3 anos

Capítulo 5

ESCOs

Como se depreende dos casos apresentados no capítulo anterior, num sistema de caldeiras a *pellets*, o investimento inicial constitui-se como um dos principais entraves à implementação de um projecto deste tipo.

É neste contexto que as *Energy Service Companies* (ESCO) assumem um papel de destaque, assegurando o financiamento destes projectos de uma forma inovadora.

De seguida, é exposto com maior detalhe o conceito ESCO.

5.1 Definição

Uma ESCO ("Energy Service Company") é uma entidade legal que vende serviços de energia bem como medidas que garantam uma melhoria da eficiência energética [20].

A principal diferença relativamente a uma empresa que presta serviços energéticos reside no grau de risco financeiro sobre o trabalho realizado que a empresa assume. É celebrado um contrato de desempenho (EPC - Energy Performance Contract) entre o cliente e a empresa envolvendo um pacote de serviços e/ou medidas. Os pagamentos dos serviços prestados pela empresa são baseados nos indicadores de desempenho que consegue atingir através das medidas de eficiência energética tomadas.

No caso de ser necessário realizar um investimento inicial elevado ou mesmo numa situação em que nem o cliente nem a empresa têm poder económico suficiente, existe sempre a hipótese de realizar um third-party-financing, é um contrato que envolve uma terceira parte que está disposta a investir o capital na totalidade ou em parte das medidas de eficiência propostas no contrato de performance.

O retorno do capital é alcançado através de uma percentagem do valor das poupanças adquiridas pela tomada das medidas de eficiência. Esta terceira parte pode ser a própria ESCO ou mesmo uma entidade bancária.

O conceito ESCO favorece a implementação de soluções inteligentes e medidas que melhoram o rendimento das empresas e aumentem a eficiência nos edifícios, através da detecção e eliminação dos desperdícios de energia. No projecto é vital garantir uma taxa de retorno do investimento, já que este deve ser auto sustentável, garantindo a remuneração dos investimentos com as economias obtidas através da implementação do projecto [20] [21].

5.2 ESCO e o Actual Contexto Energético

Devido à actual crise energética, como já foi referido várias vezes ao longo deste trabalho, o uso racional da energia é um conceito presente, o que implica, na maioria dos casos, a necessidade de substituir equipamentos e incluir medidas de acompanhamento das instalações. Para que estas medidas sejam viáveis é necessário fazer investimentos, mas nem sempre as empresas têm capacidade financeira ou técnica para os efectuar [29] [34].

A obtenção de poupanças de energia significativas e duradouras implica que, para além do desenvolvimento de técnicas, produtos e serviços eficientes do ponto de vista energético, tem de existir por parte dos consumidores uma alteração dos comportamentos, para que seja consumida menos energia mas mantendo os mesmos níveis de conforto e qualidade de vida.

Com as medidas de eficiência energética impostas legalmente (de acordo com o PNAEE) prevê-se que se consiga obter uma poupança de 27% em edifícios residenciais e de 30% em edifícios para uso comercial, enquanto que nas indústrias transformadoras prevê-se que as poupanças possam chegar aos 25% [33]. Com estas poupanças espera poupar-se na União Europeia 390 milhões de toneladas de equivalente petróleo (Mtep) anuais, o que corresponde a diminuir as emissões de CO₂ em 780 milhões de toneladas por ano.

A produção local de energia evita perdas de transporte, garante maior segurança de abastecimento e reduz a factura energética dos consumidores residenciais e de serviços. De igual modo se cria autonomia e maior segurança no abastecimento (face a falhas do abastecimento central e capacidade de armazenamento) [34].

Neste período de mudança, ganharam destaque as empresas prestadoras de serviços energéticos "tradicionais", que, em prol da eficiência energética, realizam projecto, auditorias, instalação de sistemas de micro geração, realizando igualmente consultadoria energética. Entretanto, e tendo em conta o volume de investimentos que é necessário realizar em alguns casos, é inserido no mercado o conceito ESCO, *Energy Service Company*.

Através da celebração de contratos de performance para medidas de eficiência energética realizados entre as ESCO e o cliente torna-se possível efectuar as operações

necessárias nas instalações dos clientes de forma a obter um uso mais eficiente da energia.

É neste contexto que surge o conceito ESCO. Um conceito inovador que assenta a sua base em contratos de performance para medidas de eficiência energética [20] [21].

5.3 Tipos de ESCOS

Actualmente, não existe uma forma única de classificação que permita de diferenciar as ESCO.

Prevê-se que a classificação possa ser feita de acordo com mercados em que operam e pelas tecnologias que operam, mas por enquanto não existe uma definição concreta.

Existem duas formas de classificação que merecem destaque:

- **International Review of ESCO-activities** - Neste documento, o modo como as ESCO subcontratam e efectuam independentemente dos seus projectos é tido em conta como critério de classificação. A forma como financiam os seus projectos não é considerado um critério básico de classificação. Perante isto, podem-se considerar quatro tipos de ESCO:

- **Consulting-ESCO** - Trata-se de uma ESCO capaz de fomentar os projectos de engenharia mas não possui a experiência na instalação dos equipamentos;
- **Broker-ESCO** - É uma ESCO que assume toda a subcontratação, no que diz respeito à parte de engenharia, de instalação e de equipamento a outras empresas externas;
- **Full-Scale ESCO** - Caracteriza-se por possuir todas as capacidades essenciais ao projecto;
- **Super ESCO** - É um conceito com origem nos Estados Unidos e que se define como uma companhia que inclui o fornecimento de energia aos seus clientes [20] [62].

- **London Energy Partnership (LEP)** - Neste caso, a classificação das ESCO é efectuada mediante um objectivo. Cada ESCO é definida como uma entidade cujo objectivo é aumentar a eficiência energética de modo a alcançar uma poupança energética e reduções de emissões de CO₂ ou coordenar e controlar projectos que levem à poupança energética.

A *London Energy Partnership* organiza as ESCO de acordo com o sector em que operam, se têm apoios do sector público, se operam no sector público ou privado e se os benefícios são para o sector público ou privado. Desta forma existem cinco agrupamentos distintos:

- Gerida pelo sector público sem ou com pouco envolvimento do sector privado;
- Gerida pelo sector público com o envolvimento do sector privado em planeamento e construção;
- Gerida pelo sector público, mas opera pelo sector privado embora não opere completamente nos princípios de contratos de performance de energia;
- Gerida pelo sector público ou pelo sector privado e funciona com os princípios de contratos de performance;
- Gerida pelo sector privado com ou sem apoios do sector público [20] [63].

5.4 Tipos de Contrato ESCO

Existem quatro modelos de contratos: contrato ESCO, contrato de Projecto, contrato de Instalação e contrato de *Build-Own-Operate-Transfer*.

5.4.1 *Build-Own-Operate-Transfer*

O tipo de Build-Own-Operate-Transfer é um contrato em que a ESCO assume o projecto, a implementação e operação do sistema durante um determinado período, transferindo-o posteriormente para o cliente, por um valor pré-acordado.

5.4.2 Contrato Projecto

O contrato de projecto, também denominado por contrato de engenharia, pode ser usado como uma base para um contrato ESCO, no caso de se pretender a realização desse tipo de contrato.

É um contrato onde são listados todos os trabalhos que irão ser efectuados, bem como os procedimentos a seguir, data de conclusão dos trabalhos, condições de pagamento e uma proposta para um serviço ESCO.

5.4.3 Contrato de Instalação

É um contrato que engloba as responsabilidades de ambas as partes, procedimentos que serão subcontratados, adições e alterações nos trabalhos, modos de pagamento, assim como o princípio de resolver eventuais disputas, contabilidade e data em que o contrato acaba.

O contrato relativo à instalação é um anexo ao contrato ESCO.

5.4.4 Contrato ESCO

Num contrato ESCO existe informação sobre os valores envolvidos de ambas as partes, quer de investimento, quer de proveitos, assim como compensações para eventuais alterações ou ampliações, verificação das poupanças, seguros (se existirem) e garantias. O contrato inclui também os custos para transferências de propriedade, contabilidade financeira, validade dos documentos e eventuais referências para outros contratos paralelos.

De acordo com o serviço prestado ao cliente pela ESCO, a remuneração destes contratos pode assentar em três princípios distintos:

- *Guaranteed Savings* - Nesta situação a ESCO admite um determinado nível de desempenho garantindo assim a protecção do cliente dos riscos de desempenho. Neste princípio, a ESCO não suporta riscos de financiamento total, estes riscos são negociados e suportados em parceria com cliente. Ainda assim, o cliente pode começar a receber uma percentagem das poupanças efectuadas logo após a realização do investimento;
- *Shared Savings* - Neste princípio, há uma divisão das poupanças entre a ESCO e o cliente mediante uma percentagem pré-determinada de acordo com a duração do contrato, do custo do projecto e dos riscos corridos pela ESCO e pelo cliente. Neste princípio, a percentagem que cada parte assume no investimento inicial é também negociada.
- *Chaufage* - Aqui a ESCO oferece um serviço completo. Garante a realização dos investimentos, gestão e comercialização da energia. O cliente apenas paga a energia que consome.

Outro ponto relevante prende-se com a forma de pagamento do investimento realizado pela ESCO. Esta pode ser feita de duas formas básicas distintas:

- *Taxa Fixa* - É uma forma de pagamento fixo em que o cliente paga um valor fixo. Este valor pode ser definido através de cálculos efectuados antes da realização do investimento ou através da realização de uma medida feita depois de realizar o investimento. Deve ser garantida uma recompensa no caso de haver um aumento da poupança em relação ao valor esperado;
- *Taxa Variável* - Depende das poupanças de energia/custo que foram conseguidas durante um certo período. Neste caso, a realização do pagamento implica que sejam frequentemente efectuadas medições dos consumos, o que poderá levar a um aumento dos custos de operação do projecto. Este valor pode ser entendido como um prémio que é pago à ESCO pela melhoria de desempenho. Da mesma forma que sucede na taxa fixa, também aqui se deve garantir uma recompensa no caso de a poupança ser superior ao expectável.

Poderá ser incluído no contrato um tempo livre para que sejam ajustados os pagamentos em consequência das diferenças entre as poupanças reais e as poupanças calculadas. Esse tempo pode ser por exemplo de um ano.

O tempo de retorno do projecto depende da evolução das poupanças verificadas face às poupanças calculadas, isto é, se as poupanças verificadas forem superiores às calculadas o tempo de retorno é inferior ao planeado, podendo nesse caso existir um reajuste da duração do contrato. Se as poupanças verificadas forem inferiores ao previsto o período do contrato, pode ser estendido por mais anos.

Um contrato do tipo ESCO deve incluir sempre o valor que o cliente tem de pagar para terminar o contrato com a ESCO, ou para o contrato ser revendido a terceiros [20] [21].

5.5 Energy Performance Contract

Um *Energy Performance Contract* (EPC) trata-se de um contrato de desempenho celebrado entre a ESCO e o seu cliente, que prevê a implementação de projectos que normalmente englobam várias medidas que permitem a redução do consumo de energia. Nesse contrato fica definido quem financia o investimento, as condições de implementação e operação das medidas propostas pela ESCO. Define também a duração e o valor das receitas partilhadas, geradas pelo projecto, entre o cliente e a ESCO, uma vez que o contrato é pago pelas poupanças nos custos de energia gerados na sequência do projecto.

De seguida é apresentada uma figura que ilustra os proveitos com origem na tomada de medidas de eficiência energética [20] [21].

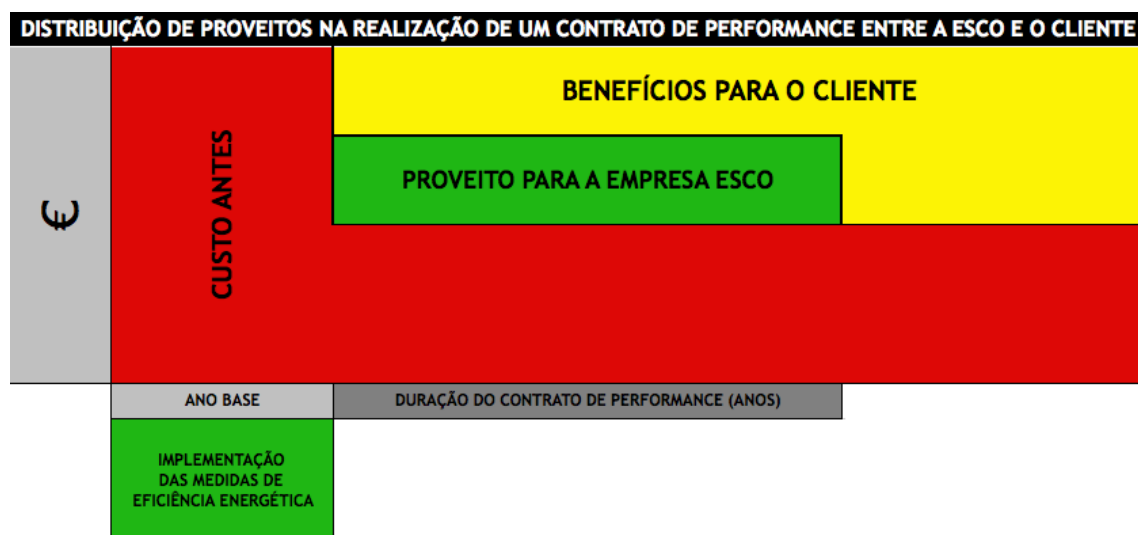


Figura 5.1: Distribuição de proveitos com origem em medidas de eficiência energética [20] [21].

Capítulo 6

Análise Económica de Casos Práticos

Neste capítulo será feita uma análise económica detalhada em diferentes instalações.

Este trabalho foi elaborado com a coordenação da empresa Self Energy.

Para validação e verificação da tecnologia apresentada no âmbito desta dissertação, recorreram-se a casos práticos reais. Na apresentação destes casos não são mencionados nomes de instalações pelo sigilo solicitado pela empresa que disponibilizou os dados necessários ao estudo.

Foi escolhida uma instalação com produção a gás natural, sobre a qual incidirá uma análise mais minuciosa e detalhada. Nos seguintes casos serão apenas apresentados os valores e comentários estritamente necessários.

Ao longo do semestre, foram efectuadas auditorias energéticas e reuniões, de forma a garantir um reconhecimento das instalações e recolha detalhada de dados das mesmas.

Só serão considerados dados relativos ao uso de calor, uma vez que a base deste trabalho assenta num sistema de aquecimento a *pellets*. São apresentados valores relativos a gastos e consumos dos sistemas actuais. É exposta uma solução alternativa, contemplando caldeira a *pellets*, onde são descritos todos os custos e proveitos.

Considera-se igualmente a hipótese híbrida (com a inclusão de painéis solares térmicos).

É também feita uma análise económica comparativa com uma alternativa baseada em cogeração.

Será elaborado uma análise onde é contabilizado o efeito do IVA, de forma a demonstrar o peso deste e ao mesmo tempo demonstrar que, mesmo após a aplicação do IVA, os projectos de caldeiras a *pellets* continuam a ser economicamente viáveis.

Serão igualmente contemplados os contratos ESCO propostos em cada caso distinto. Pretende-se assim demonstrar a importância destes contratos relativamente aos investimentos iniciais que na maioria dos casos se assumem como um dos principais entraves

à implementação de novos sistemas baseados em tecnologias renováveis, como são os sistemas de aquecimento a *pellets*.

Será feita uma análise Macro, partindo do pressuposto que as caldeiras respondem aos picos.

O índice económico que será analisado e merece destaque é a TIR. Ao longo da análise dos vários contratos ESCO, serão calculadas as TIR de acordo com os *cash-flows* referentes à ESCO.

Os resultados obtidos apresentam valores muito superiores ao que é considerado razoável para um valor de TIR (valor próximo do 15 %). A não contabilização do IVA tem influência directa nestes resultados obtidos, mas numa fase posterior será demonstrado que, mesmo com a dedução do IVA, os contratos apresentam valores de TIR e NPV bastante interessantes.

6.1 Caso 1: Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria

6.1.1 Sistema Actual e Proposta de Sistema a *Pellets*

O primeiro caso de estudo apresenta, como actual sistema de produção de calor, uma caldeira que funciona a gás natural.

Foram requeridas aos responsáveis da instalação as facturas do consumo de gás relativas ao último ano para ser feito um estudo dos consumos anuais.

De seguida, apresenta-se uma tabela, relativa ao sistema actual, com os valores do consumo anual, custo anual e tarifa actual do gás natural.

Tabela 6.1: Dados do actual sistema de produção de calor do Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.

SISTEMA ACTUAL COMPOSTO POR UMA CALDEIRA A GÁS NATURAL	
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	2.318.375,37
CUSTO TOTAL ANUAL EM GÁS NATURAL (€/ano)	79.861,08
TARIFA DO GÁS NATURAL (€/kWht)	0,034447

De acordo com este cenário, numa primeira proposta, foi sugerido um sistema de substituição constituído por uma caldeira a *pellets*, sendo posteriormente apresentada uma proposta onde se considera um sistema híbrido (inclusão de painéis solares térmicas).

Na tabela seguinte são apresentados os dados do sistema proposto. São apresentados valores de potência, produção anual, custo anual em *pellets* e o custo de mercado deste combustível.

A partir dos resultados anteriores conclui-se que existe uma poupança bruta anual de 28.954,10 €/ano. Este valor é calculado tendo em conta custo total anual em gás natural e o custo total anual em *pellets*.

Tabela 6.2: Dados do novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.

SISTEMA PROPOSTO CONSTITUÍDO POR UMA CALDEIRA A <i>PELLETS</i>	
POTÊNCIA DA CALDEIRA (kW)	581,3
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	2.318.375,37
CUSTO TOTAL ANUAL EM <i>PELLETS</i> (€/ano)	50.906,98
CUSTO <i>PELLETS</i> (€/ton)	110

A implementação deste novo sistema implica um investimento inicial. Neste capital encontram-se englobados valores referentes a equipamento, *set up* e instalação, entre outros custos (projecto técnicos de especialidade, etc.). Estes valores são apresentados na próxima tabela.

Tabela 6.3: Dados do investimento inicial no novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.

INVESTIMENTO INICIAL PARA O SISTEMA DE CALDEIRA A <i>PELLETS</i>	
EQUIPAMENTO (Caldeira+Sistema de tubagens) (€)	50000
SET UP E INSTALAÇÃO (Silo+alimentador)(€)	15000
OUTROS CUSTOS (Projecto técnicos de especialidade, etc.) (€)	10000
TOTAL (€)	75000

6.1.2 Sistema a *Pellets*: Contratos ESCO

Perante este valor de capital inicial, avançou-se para a proposta de dois contratos ESCO distintos.

O primeiro baseado em *shared savings*, onde há uma partilha das poupanças líquidas com origem na implementação do novo sistema.

O segundo assenta numa poupança garantida, ou seja *guaranteed savings*, onde no início se estabelece uma percentagem fixa de poupança relativa consumo total anual do sistema antigo.

É de salientar que qualquer percentagem, quer seja relativa a poupanças ou a investimento inicial, não tem um valor fixo isto é, em cada caso é feita uma negociação entre a ESCO e o cliente para que se garanta o melhor resultado para cada uma das partes envolvidas.

Para estes casos, a duração definida para os contratos foi de 10 anos, e ao longo deste período, os custos são considerados constantes. No que diz respeito a custos operacionais, são indicados custos de manutenção, consultoria, *driving costs* (custos de condução dos equipamentos) e diagnóstico energético, sendo este último apenas necessário no primeiro ano.

Para o projecto do sistema em causa são expostos, de seguida, sob a forma de uma tabela, todos valores dos custos operacionais atrás mencionados.

Tabela 6.4: Dados dos custos operacionais do novo sistema de produção de calor proposto para o Lar Residencial de Idosos situado na região de Leiria.

CUSTOS OPERACIONAIS RELATIVOS AO NOVO SISTEMA	
MANUTENÇÃO (€)	1000
CONSULTORIA (€)	2000
DRIVING COSTS (€)	2500
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (necessário apenas no 1ºano) (€)	5000
TOTAL (€)	10500

Devido ao elevado valor do investimento inicial (75000 €), foi proposto, como forma de pagamento deste, um *leasing* com duração de 10 anos. Este é obtido através de uma entidade bancária não participativa no projecto, também não identificada neste trabalho.

Em cada tipo de contrato será referida qual das partes (cliente ou ESCO ou as duas) ficará com a prestação do *leasing* e respectivo seguro com encargo ao longo do período do contrato ESCO. Novamente se salienta que as percentagens não são fixas e surgem de um processo negocial entre o cliente e a ESCO.

Apresenta-se agora uma tabela com os dados relativos ao *leasing*.

Tabela 6.5: Descrição do Leasing e Seguro para um contrato de 10 anos.

CUSTOS DE LEASING E SEGURO (Duração de 10 anos)	
ENTRADA (15% DO INVESTIMENTO INICIAL) (€)	11250
LEASING (VALOR TOTAL NOS 10 ANOS) (€)	63750
PRESTAÇÃO ANUAL DE LEASING (€)	7745
PRESTAÇÃO ANUAL DO SEGURO (€)	750
TAXA DE JURO (%)	4

De seguida são apresentados, com maior detalhe, os dois contratos ESCO propostos ao cliente e dono do Lar de Idosos situado no Grande Porto.

6.1.2.1 1º Contrato ESCO proposto - *Shared Savings*

Este contrato assenta na partilha de poupanças. Foram elaboradas duas modalidades distintos:

- Nesta **primeira modalidade do tipo *shared savings***, foi proposto uma divisão igual das poupanças líquidas, provenientes da implementação do projecto, e do o investimento inicial. O contrato terá a duração de 10 anos.

Saliente-se novamente que o IVA só será considerado na última análise deste caso. A TIR e o NPV são determinados considerando os dados económicos para a ESCO.

De seguida apresenta-se uma tabela resumida onde constam os dados mais relevantes.

Tabela 6.6: Dados do contrato ESCO para Sistema a *Pellets* do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	133.341,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	66.670,50
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	66.670,50
TIR (%)	110%
NPV (€)	38.060,87 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Facilmente se conclui que o projecto é extremamente proveitoso, quer para o cliente quer para a ESCO. Fica assim dada a primeira prova da viabilidade económica de um sistema baseado numa caldeira a *pellets*.

- A **segunda modalidade do tipo *shared savings***, consiste numa divisão das poupanças líquidas em 60 % para o cliente e os restantes 40 % para a ESCO. Relativamente ao investimento inicial, o cliente assume 75 % deste e a ESCO apenas 25 %.

De seguida é apresentada uma tabela com os dados relevantes desta modalidade de contrato.

Tabela 6.7: Dados do contrato ESCO para Sistema a *Pellets* do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	133.341,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	78.317,10
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	55.023,90
TIR (%)	168%
NPV (€)	32.136,19 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

A conclusão anterior é novamente verificada. Neste caso particular, comparando com a situação anterior, o cliente apresenta um ganho mais elevado e a ESCO um ganho inferior ao contrato anterior. A TIR, determinada a partir dos *cash-flows* da ESCO, assume um valor mais elevada já que a participação no investimento inicial é menor (apenas 25 %).

Ainda assim é bastante proveitoso para qualquer uma das partes com margens de ganho bastante satisfatórias.

6.1.2.2 2º Contrato ESCO proposto - *Guaranteed Savings*

Neste tipo de contrato é garantida uma poupança no início. Essa poupança é definida como uma percentagem do consumo total anual do sistema actual (a gás natural) e resulta igualmente de um processo negocial, não tendo nenhum valor fixo estipulado.

Às poupanças resultantes da implementação do sistema a *pellets* será subtraída esta poupança garantida, obtendo-se assim os lucros da ESCO.

O investimento inicial é também incluído no processo negocial. Pretende-se assim garantir o menor custo, maior eficiência e maior poupança para as partes envolvidas.

Neste caso concreto, acordou-se uma poupança garantida de 5 % do consumo total anual para o cliente e uma divisão igual no investimento inicial. Os dados são apresentados de seguida sob a forma de uma tabela.

Tabela 6.8: Dados do contrato ESCO para Sistema a *Pellets* do tipo *Guaranteed Savings*.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A <i>PELLETS</i>: <i>GUARANTEED SAVINGS</i>	
5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	133.341,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	34.305,54
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	99.035,46
TIR (%)	143 %
NPV (€)	57.211,15 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Da análise dos valores apresentados anteriormente, concluímos que se trata de um contrato viável e sobretudo rentável para a ESCO. Ainda assim, este tipo de contrato não é prioritário para a ESCO já que neste caso o cliente não é um elemento participativo no processo, pois a sua poupança é garantida e não depende do seu esforço e preocupação em melhorar de forma a garantir aumentos nas poupanças do sistema. Num contrato do tipo *shared savings* o cliente já tem uma posição central ao longo do período de ligação, sendo parte interessante e participativa com o objectivo de melhorar o desempenho do sistema, aumentando assim as suas poupanças.

Foram colocados em anexo os contratos ESCO relativos à análise do caso apresentado anteriormente.

6.1.3 Proposta de Sistema Híbrido e comparação com Sistema a *Pellets*

Tal como foi referido num capítulo anterior, existe a possibilidade de combinar, num sistema híbrido, uma caldeira a *pellets* e painéis solares térmicos.

Neste caso, optou-se por manter a mesma caldeira a *pellets*, e foram propostos 92 m² de colectores solares térmicos de circulação forçada com uma potência total de 64400 kWt.

Tabela 6.9: Dados sobre o Sistema Solar Térmico considerado no projecto da Santa Casa da Misericórdia situada na região de Leiria.

PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS DE CIRCULAÇÃO FORÇADA	
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	64400
ÁREA (m²)	92
CUSTO TOTAL (€)	34000

A potência produzida pelos painéis irá implicar uma diminuição do custo anual em *pellets*, mas este decréscimo de custo não é significativo como a seguir se demonstrar numa tabela comparativa.

Tabela 6.10: Comparação entre o custo total anual do Sistema a *Pellets* e o custo total anual do Sistema Híbrido.

COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS DO SISTEMA A <i>PELLETS</i> E SISTEMA HÍBRIDO:	
TERMO COMPARATIVO → CUSTO ANUAL DO SISTEMA DE CALDEIRA A <i>PELLETS</i> PARA OS DOIS CASOS	
CUSTO TOTAL ANUAL SISTEMA A <i>PELLETS</i> (€/ano)	50.906,98
CUSTO TOTAL ANUAL SISTEMA HÍBRIDO (€/ano)	49.627,91
POUPANÇA COM O SISTEMA HÍBRIDO (€/ano)	1.279,07

Verifica-se, pela poupança produzida pelo sistema híbrido, que a contribuição do sistema solar térmica é mínima. Assim assume um papel complementar no projecto. De qualquer forma é de enaltecer o seu uso, pois trata-se de produção de calor a partir de uma fonte limpa. O custo total dos painéis solares térmicos é 34000 €, sendo este um ponto negativo para a avaliação económica global do sistema. Isto traduzir-se-á num acréscimo do custo de investimento inicial, fazendo com que a prestação e seguro anuais subam. Na tabela seguinte evidencia-se tal facto.

Tabela 6.11: Comparação entre o Leasing, Seguro e Entrada Inicial do Sistema a *Pellets* e do Sistema Híbrido.

SISTEMA A <i>PELLETS</i>		SISTEMA HÍBRIDO	
PRESTAÇÃO <i>LEASING</i> (€)	7745	PRESTAÇÃO <i>LEASING</i> (€)	11256
PRESTAÇÃO SEGURO (€)	750	PRESTAÇÃO SEGURO (€)	1090
<i>LEASING</i> (€)	63750	<i>LEASING</i> (€)	92650
ENTRADA INICIAL (15 %) (€)	11250	ENTRADA INICIAL (15 %) €	16350

Denota-se que a introdução do sistema solar térmico traduz-se num aumento dos encargos. Conclui-se que, sob o ponto de vista do investimento inicial, apresenta maiores dificuldades já que tem custos mais elevados. No que diz respeito ao efeito sobre os custos de operação, este é mínimo já que, comparativamente com o sistema a *pellets*, no caso do sistema híbrido há apenas um acréscimo nos custos de manutenção de um valor de 250 €.

De seguida, são examinados os contratos ESCO, nas mesmas condições que foram propostos para o sistema independente a *pellets*, para que seja feita uma análise comparativa também neste campo.

São apresentados os contratos ESCO *shared savings* (1ª e 2ª modalidades) e o *guaranteed savings* para a situação de um sistema híbrido.

Tabela 6.12: Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo *shared savings* (1ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	100.021,69
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	50.010,85
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	50.010,85
TIR (%)	62%
NPV (€)	26.841,10 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.13: Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo *shared savings* (2ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	100.021,69
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	57.560,52
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	42.461,18
TIR (%)	95%
NPV (€)	23.925,38 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.14: Dados do contrato ESCO para sistema híbrido do tipo *guaranteed savings*.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	100.021,69
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	31.755,54
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	68.266,15
TIR (%)	73%
NPV (€)	37.321,61 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Fazendo uma comparação directa de valores, conclui-se que os contratos ESCO para o sistema híbrido apresentam valores inferiores em todos os termos comparados.

Os indicadores económicos, como sejam a TIR e o NPV, são bastante inferiores. Este facto traduz-se numa menor valorização do projecto, sendo claramente menos vantajoso a implementação do sistema híbrido relativamente ao sistema a *pellets*.

Mesmo assim, a opção por um sistema híbrido, constituído por uma caldeira a *pellets* e por painéis solares térmicos, é uma solução economicamente viável quando comparado com um sistema a gás natural. Os valores de TIR e NPV apresentados nos contratos ESCO do sistema híbrido são, do ponto de vista de análise económica, extremamente satisfatórios. Conclui-se, mais uma vez, que o projecto é economicamente viável.

6.1.4 Sistema a *Pellets* vs Cogeração

Neste ponto é comparado o sistema a *pellets* com um sistema de produção de calor e electricidade (cogeração).

O sistema de cogeração é baseado numa turbina a gás natural. Parte-se do princípio que a energia eléctrica é produzida em excesso, sendo injectada na rede.

Importa salientar que a instalação se encontra em média tensão, o que faz com que existam condicionalismos relativamente à injeção de energia eléctrica na rede.

De acordo com o Decreto-Lei nº 68/2002 de 25 de Março (Estatuto de Microgeração de Energia ou Produção com Autoconsumo), os requisitos fundamentais a cumprir consistem em assegurar que:

- O consumo no próprio edifício seja, pelo menos, 50% da Energia Eléctrica produzida;
- A potência de interligação à rede pública não seja superior a 150 kW;
- A interligação à rede pública seja feita em Baixa Tensão.

Assim, para este caso, seria necessário uma autorização por parte da EDP, bem como um Pedido de Informação Prévia que consiste numa licença especial emitida pelo director-geral de energia para potências de vários MW.

Mesmo com estes condicionalismos, será feita uma análise comparativa entre o sistema a *pellets* e cogeração já que os dados não sofrem qualquer variação.

De seguida são apresentadas as características do sistema de cogeração em termos de produção térmica e eléctrica anual e consumo total anual de gás natural.

Tabela 6.15: Dados de consumo e produção totais anuais do sistema de cogeração.

SISTEMA DE COGERAÇÃO: TURBINA A GÁS NATURAL	
POTÊNCIA TOTAL (kW)	65
CONSUMO TOTAL ANUAL DE GÁS NATURAL (kWt)	1845641
PRODUÇÃO TÉRMICA TOTAL ANUAL (kWt)	978190
PRODUÇÃO ELÉCTRICA TOTAL ANUAL (kWe)	535236

De acordo com os dados fornecidos pela empresa, este sistema de cogeração tem uma poupança bruta anual de 35200 € (tendo em conta os consumos e vendas de energia).

No que diz respeito aos custos com o investimento inicial, estes apresentam maior volume no caso da cogeração. Verifica-se assim a primeira clara vantagem de sistema a *pellets*.

O investimento inicial é descrito na próxima tabela.

Tabela 6.16: Dados do investimento inicial do sistema *pellets* e do sistema de cogeração.

INVESTIMENTO INICIAL	SISTEMA A <i>PELLETS</i>	SISTEMA DE COGERAÇÃO
EQUIPAMENTO (€)	50000	85800
SET UP E INSTALAÇÃO (€)	15000	10000
OUTROS CUSTOS (€)	10000	12500
TOTAL (€)	75000	108300

Um ponto negativo apresentado pelo sistema de cogeração relativamente ao sistema a *pellets*, prende-se com os custos de operação, nomeadamente com a necessidade de efectuar um reinvestimento ao fim de um certo período (neste caso contratual ocorre no 6º ano). Este custo está relacionado com a substituição de peças fundamentais na turbina a gás para que assim se garante o seu funcionamento com a máxima eficiência.

De seguida são apresentados os custos operacionais com um sistema de cogeração.

Tabela 6.17: Dados dos custos de operação do sistema a *pellets* e do sistema de cogeração.

CUSTOS DE OPERAÇÃO	SISTEMA A <i>PELLETS</i>	SISTEMA DE COGERAÇÃO
MANUTENÇÃO (€)	1000	8500
CONSULTORIA (€)	2000	2500
DRIVING COSTS (€)	2500	4200
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (€)	5000	5000
REINVESTIMENTO (ocorre no 6º ano) (€)	-	23500
TOTAL (€)	10500	43700

Também para este sistema foi estudada a hipótese de um *leasing*. Tendo em conta os valores do investimento inicial, as prestações anuais relativas ao *leasing* e ao seguro são maiores, demonstrando-se assim mais uma vantagem do sistema a *pellets*.

Seguidamente, apresentam-se os dados do *leasing* e seguro associados ao sistema de cogeração e ao sistema a *pellets*.

Tabela 6.18: Comparação entre o *leasing*, seguro e entrada inicial do sistema a *pellets* e do sistema de cogeração.

SISTEMA A <i>PELLETS</i>		SISTEMA DE COGERAÇÃO	
PRESTAÇÃO LEASING (€)	7745	PRESTAÇÃO LEASING (€)	8757
PRESTAÇÃO SEGURO (€)	750	PRESTAÇÃO SEGURO (€)	848
LEASING (€)	63750	LEASING (€)	92055
ENTRADA INICIAL (15 %) (€)	11250	ENTRADA INICIAL (15 %) €	16245

Também foram considerados, para o caso da cogeração, os contratos ESCO tipo *shared savings* e tipo *guaranteed savings*, com a duração de 10 anos.

Na primeira modalidade considerado para os *shared savings*, foi considerada uma divisão igual de poupança líquida e de investimento inicial.

Os dados deste contrato são apresentados de seguida.

Tabela 6.19: Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo *shared savings* (1ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA DE COGERAÇÃO: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	59.205,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	29.602,50
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	29.602,50
TIR (%)	46%
NPV (€)	14.908,59 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Para a segunda modalidade do *shared savings*, os valores percentuais relativos às poupanças líquidas e investimento inicial são iguais aos considerados até ao momento.

De seguida apresenta-se os dados relativos a este contrato.

Tabela 6.20: Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo *shared savings* (2ª modalidade).

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A COGERAÇÃO: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	59.205,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	33.086,25
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	26.118,75
TIR (%)	75%
NPV (€)	14.363,62 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

De seguida é apresentada a situação do contrato ESCO do tipo *guaranteed savings* para o sistema de cogeração.

Tabela 6.21: Dados do contrato ESCO para sistema de cogeração do tipo *guaranteed savings*.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA DE COGERAÇÃO: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	59.205,00
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	31.808,04
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	27.396,96
TIR (%)	44%
NPV (€)	13.404,10 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

De salientar que este contrato é o que apresenta, até momento, o menor valor de TIR e NPV. De todos os contratos analisados até aqui, este é o que aparenta ser menos vantajoso mesmo apresentando valores óptimos de índices económicos.

6.1.5 Análise aos Contratos ESCO dos três Sistemas Considerados

Foram considerados três sistemas distintos: Sistema a *Pellets*, Sistema Híbrido (*Pellets* + Solar Térmico) e Sistema de Cogeração.

Nas três situações foram analisados contratos ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade e 2ª modalidade) e *Guaranteed Savings*.

Apresenta-se agora uma análise gráfica comparativa entre vários dados considerados relevantes.

6.1.5.1 Contrato ESCO do tipo *shared savings* (1ª modalidade)

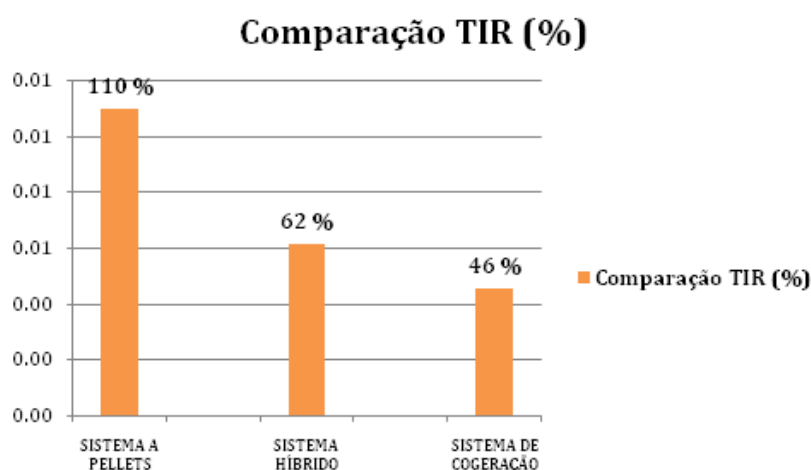


Figura 6.1: Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *shared savings* (1ª modalidade).

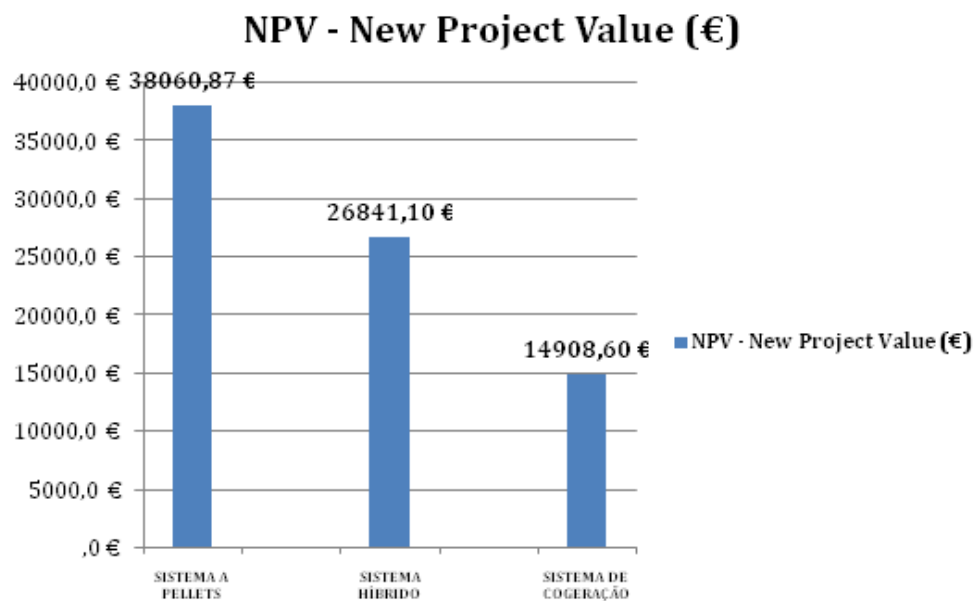


Figura 6.2: Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *shared savings* (1ª modalidade).

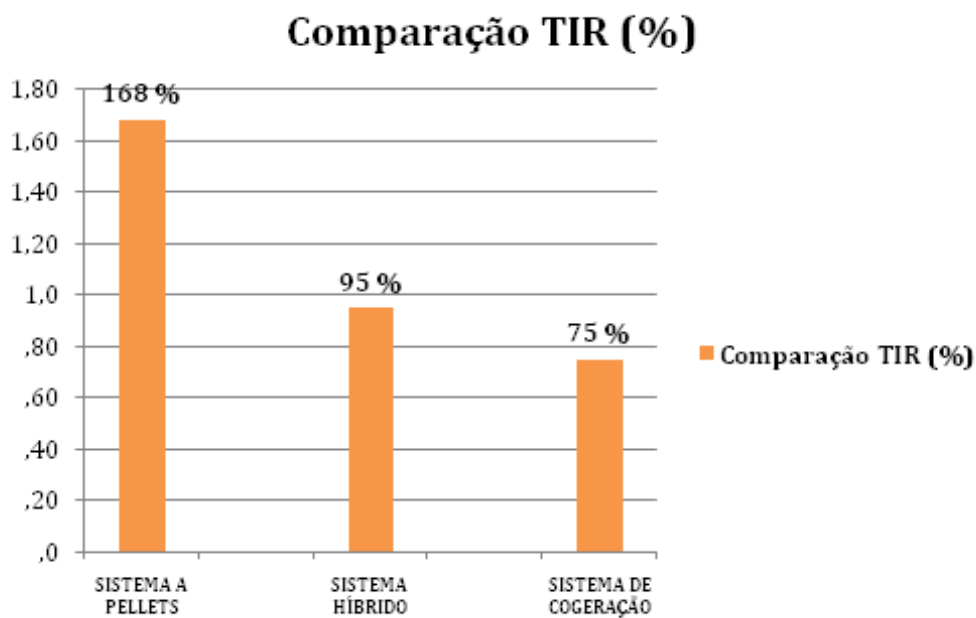


Figura 6.3: Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *shared savings* (2ª modalidade).

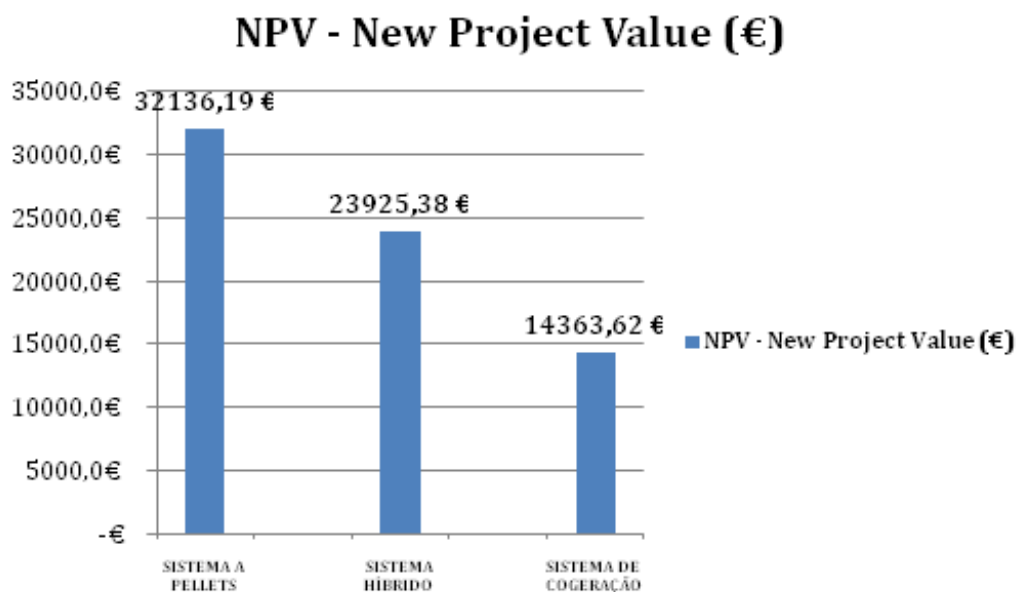


Figura 6.4: Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *shared savings* (2ª modalidade).

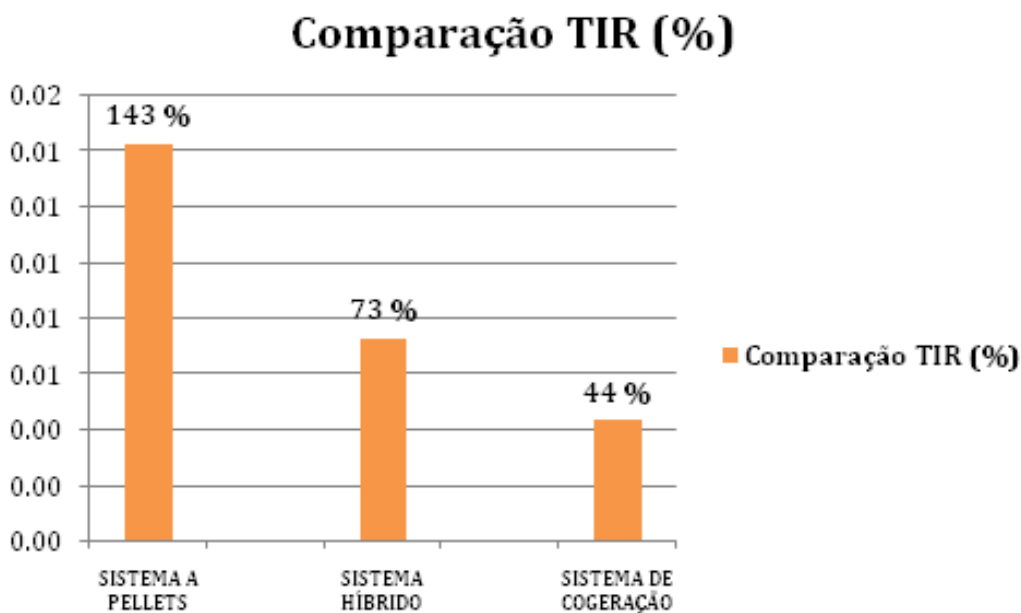


Figura 6.5: Gráfico da Taxa Interna de Rentabilidade calculada para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *guaranteed savings*.

6.1.5.2 Contrato ESCO do tipo *shared savings* (2ª modalidade)

6.1.5.3 Contrato ESCO do tipo *guaranteed savings*

6.1.5.4 Comparação da Poupança Líquida Total para os três Sistemas Considerados

6.1.5.5 Comparação da Poupança Líquida Total para os três Sistemas Considerados

6.1.5.6 Análise dos dados gráficos

A análise a ser efectuada não necessita de ser extensa, uma vez que se verifica, clara-

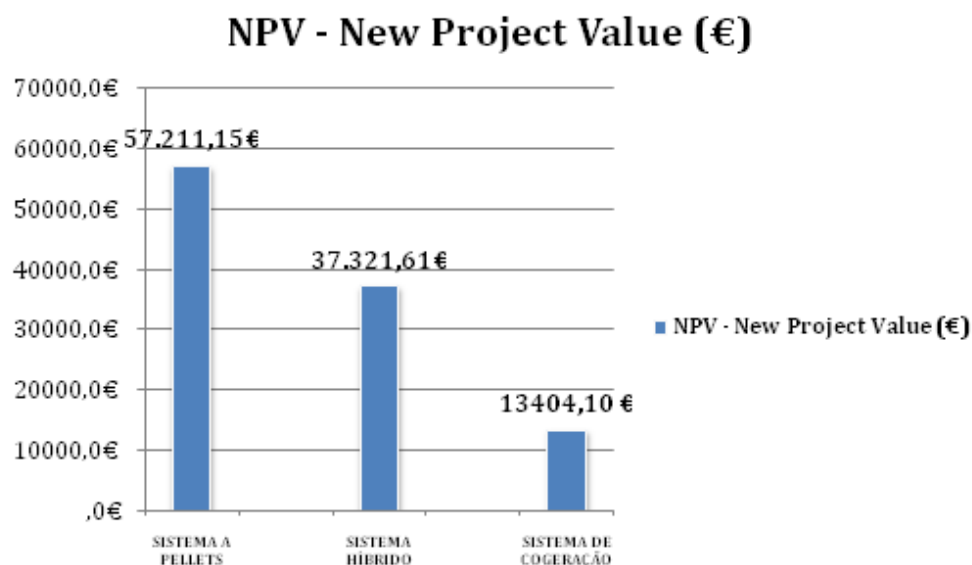


Figura 6.6: Gráfico do New Project Value calculado para os três sistemas analisados para um contrato do tipo *guaranteed savings*.

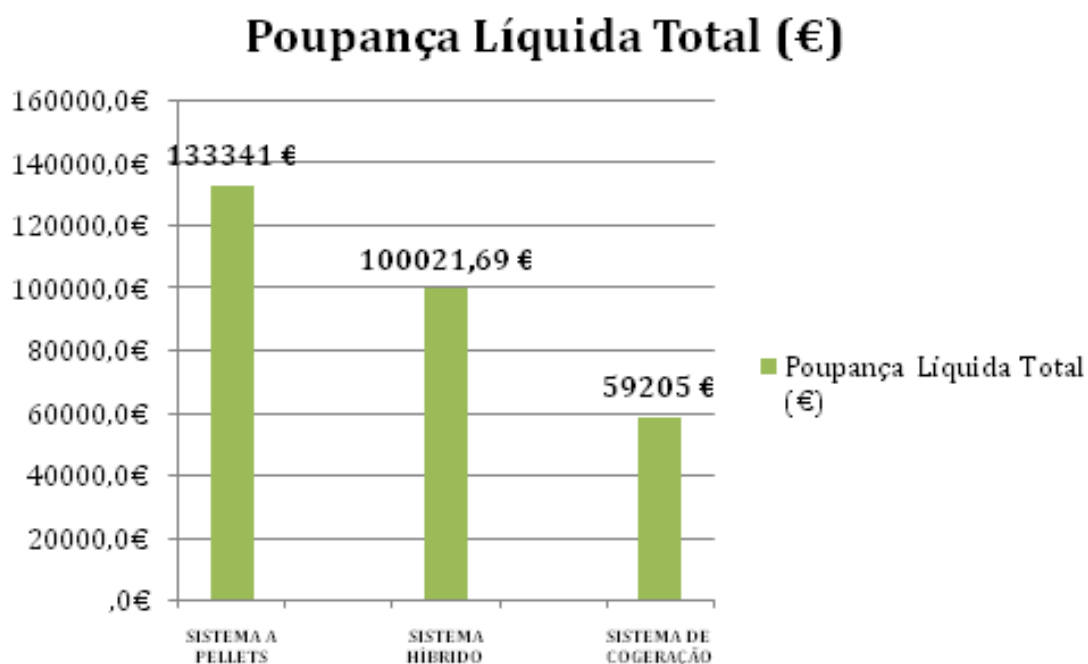


Figura 6.7: Gráfico das Poupanças Líquidas Totais resultantes dos três sistemas analisados.

Supera os concorrentes em todos os valores analisados (TIR, NPV e Poupança Líquida Total), e ao mesmo tempo apresenta o menor valor de investimento inicial.

É de realçar que a cogeração se assume como a pior das três opções, em grande parte



Figura 6.8: Gráfico do Investimento Inicial para os três sistemas analisados.

devido ao elevado investimento inicial quando comparado com as poupanças líquidas alcançadas.

Em cada sistema considerado, existe um tipo de contrato que se torna mais vantajoso para a empresa ESCO, tendo em conta os valores de poupança líquida total, NPV e TIR referentes à mesma.

Numa análise particular por sistema, concluímos que, no caso do sistema a *pellets*, o contrato ESCO do tipo *shared savings* (2ª modalidade) apresenta um valor de TIR (aplicada sobre os *cash-flows* da empresa ESCO) mais elevado. Em termos de poupança líquida total e NPV, o contrato ESCO do tipo *guaranteed savings* apresenta valores superiores relativamente às duas modalidades do tipo *shared savings*.

No sistema híbrido, o *guaranteed savings* apresenta novamente vantagem, para a empresa ESCO, nos valores de poupança líquida total e NPV. O valor mais elevado de TIR ocorre para o *shared savings* (2ª modalidade).

Por último, no sistema de cogeração o contrato do tipo *shared savings* (1ª modalidade) demonstrar vantagem em termos de valores de poupança líquida total da ESCO e NPV. Já o melhor valor para a TIR é alcançado através do contrato do tipo *shared savings* (2ª modalidade). Num cenário de

Após esta análise detalhada, fica bem vinculada a posição de um sistema a *pellets*, para uma solução de aquecimento, como uma alternativa viável. De seguida pretende-se demonstrar qual o efeito da aplicação da taxa de IVA sobre estes projectos.

6.1.6 Efeito da taxa de IVA

A dedução do IVA traz alterações aos valores anteriormente projectados.

Existem alguns dados relativos ao IVA que importa mencionar antes de apresentar qual o seu efeito:

- A taxa reduzida de IVA sobre o gás natural é de 5 %;
- A taxa reduzida de IVA para equipamentos de energias renováveis é de 12 %;
- A taxa reduzida IVA normal é de 20 %.

Para demonstrar o peso do IVA foi seleccionado apenas um tipo de contrato ESCO do sistema a *pellets* já que, após a exemplificação, fica implícito que para os restantes casos o raciocínio será o mesmo.

O exemplo escolhido foi o contrato ESCO do tipo *shared savings* (1ª modalidade e 2ª modalidade) para o sistema a *pellets*.

De seguida, e na forma de uma tabela, apresentam-se os valores afectados pelo IVA e qual o seu novo valor após este efeito.

Tabela 6.22: Efeito do IVA sobre os custos dos contratos considerados.

CUSTOS ANUAIS AFECTADOS (€)	VALOR (€) SEM IVA	TAXA DE IVA (%) APLICADA	VALOR (€) COM IVA
CUSTO DO GÁS NATURAL	79.861,08	5	83.854,13
CUSTO DE EQUIPAMENTO (INVESTIMENTO INICIAL)	50000	12	56000
CUSTO DE SET UP E INSTALAÇÃO (INVESTIMENTO INICIAL)	15000	12	16800
OUTROS CUSTOS (INVESTIMENTO INICIAL)	10000	20	12000
CUSTOS DE OPERAÇÃO	10500	20	12600
CUSTO DE LEASING	7745	20	9294
CUSTO DE SEGURO	750	20	900
CUSTO ANUAL EM PELLETS	50.906,98	20	61.088,37

Depois de revistos os valores anteriores, não é compreensível como é que o gás natural, que é uma combustível poluente, tem uma taxa de dedução de IVA de apenas 5 %, enquanto que os *pellets*, como combustível de origem renovável que são, tem uma taxa aplicada de 20 %.

A disparidade de taxas aplicadas pode-se constituir com um entrave ao avanço de um projecto de um sistema a *pellets*, especialmente em entidades públicas que não têm a capacidade de recuperar o mesmo.

De seguida apresentam-se os valores dos índices económicos alcançados após a dedução da taxa de IVA. Mesmo não sendo favorecido pelo efeito do IVA, é de realçar que se atingem valores extremamente satisfatórios para a actual realidade.

Nos seguintes casos apenas será considerada a implementação do sistema a *pellets*.

Tabela 6.23: Dados do contrato ESCO para Sistema a *Pellets* do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) com dedução da taxa de IVA.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A <i>PELLETS</i>: 1ª MODALIDADE <i>SHARED SAVINGS</i>: EFEITO DO IVA CONSIDERADO	
50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	40.997,58
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	20.498,79
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	20.498,79
TIR (%)	33%
NPV (€)	9.259,66 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

A análise não será tão exaustiva como no caso anterior, sendo apenas feitos comentários essenciais.

Os dados irão ser dispostos na forma de tabelas.

6.2 Caso 2: Lar Residencial para Idosos situado no Grande Porto

Neste segundo caso de estudo, o sistema actual de produção de calor é composto por uma caldeira a gás propano.

Será estudada hipótese de um sistema a *pellets* e de um sistema híbrido (*pellets* + solar térmico).

Perante estes dados, a poupança bruta anual é 64.546,15 €/ano. Este valor é calculado tendo em conta custo total anual em gás propano e o custo total anual em *pellets*.

Rapidamente se verifica que a poupança bruta anual apresenta um valor elevado. Tal facto deve-se à tarifa do gás propano, que se assume relativamente superior ao gás natural.

Perante isto, a proposta do sistema a *pellets* é ainda mais valorizada.

6.2.1 Sistema a *Pellets*: Contratos ESCO

Na análise do Lar foi usada a mesma ferramenta de cálculo.

De seguida são apresentados os custos de operação e dados do sobre o leasing.

Foram também organizados numa tabela todos os contratos ESCO propostos para este caso.

Devido ao actual sistema ser a gás propano, a rentabilidade do novo projecto apresenta uma margem enorme, como já foi explicado anteriormente.

É de salientar que estes cálculos não se encontram afectados com a taxa de IVA. Mesmo assim, e se fosse considerado este efeito, os valores obtidos seriam superiores aos valores considerados aceitáveis para que um projecto seja viável.

Tabela 6.24: Dados do contrato ESCO para Sistema a *Pellets* do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) com dedução da taxa de IVA.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: EFEITO DO IVA CONSIDERADO	
60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	40.997,58
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	22.690,55
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	18.307,03
TIR (%)	49%
NPV (€)	9.315,73 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

6.2.2 Proposta de Sistema Híbrido e comparação com Sistema a *Pellets*

Também neste caso foi proposto um sistema híbrido constituído por uma caldeira a *pellets* e painéis solares térmicos. Manteve-se a mesma caldeira considerada no ponto anterior. Foi considerada uma área de 92 m² de painéis solares térmicos com uma produção anual total de 64400 kWt. De seguida apresentam-se tabelas com os dados e valores desta proposta e dos contratos ESCO.

Fazendo a comparação com os contratos ESCO propostos na situação anterior, conclui-se, mais uma vez, que o sistema a *pellets*, com aplicação isolada, é mais viável do que um sistema híbrido. É mais vantajosa a implementação de um sistema a *pellets* relativamente à sua implementação com solar térmico como complemento. Os valores obtidos para as taxas internas de rentabilidade são, mais uma vez, bastantes elevados. Este efeito, contrariamente ao que sucede com o gás natural, já não será atenuado com a dedução da taxa de IVA, uma vez que esta assume o valor de 20 % para o gás propano, ou seja uma taxa igual à dos *pellets*. Aliás, tendo em conta o volume anual de consumo de gás propano, seria obtidos lucros superiores após a aplicação da taxa de IVA.

Isto só reforça mais ainda a posição do sistema a *pellets* para situações desta natureza.

6.3 Caso 3: Piscina Privada situada no Grande Porto

Neste caso, e nos dois seguintes, só será apresentada a solução do sistema a *pellets*.

Apenas serão apresentados os dados sobre o projecto económico, já que as conclusões seguem a mesma lógica de pensamento dos casos anteriormente apresentados.

6.3.1 Sistema Actual e Proposta de Sistema a *Pellets*

Trata-se de uma piscina com dimensões de uma piscina olímpica, onde há uma elevada carga horária de aulas e treinos de natação e outros desportos directamente relacionados com piscina.

Tabela 6.25: Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para o Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.

SISTEMA ACTUAL COMPOSTO POR UMA CALDEIRA A GÁS PROPANO	
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1.371.737,57
CUSTO TOTAL ANUAL EM GÁS PROPANO (€/ano)	94.732,20
TARIFA DO GÁS PROPANO (€/kWt)	0,06906
SISTEMA PROPOSTO CONSTITUÍDO POR UMA CALDEIRA A PELLETS	
POTÊNCIA DA CALDEIRA (kW)	300
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1371737,57
CUSTO TOTAL ANUAL EM PELLETS (€/ano)	30.186,05
CUSTO PELLETS (€/ton)	130
INVESTIMENTO INICIAL PARA O SISTEMA DE CALDEIRA A PELLETS	
EQUIPAMENTO (Caldeira+Sistema de tubagens) (€)	45000
SET UP E INSTALAÇÃO (Silo+alimentador)(€)	33000
OUTROS CUSTOS (Projecto técnicos de especialidade, etc.) (€)	15000
TOTAL (€)	93000

Mediante esta sobrecarga, há uma elevada taxa de consumo de água quente (banhos), para além da necessidade manter a água e o ambiente a uma temperatura confortável para uma instalação deste tipo.

6.3.2 Sistema a Pellets: Contratos ESCO e efeito da taxa de IVA

Na tabela 6.32 são apresentados os custos de operação e dados do sobre o leasing.

Foram organizados todos os contratos ESCO propostos para este caso na tabela 6.33

Os tipos e modalidades de contrato ESCO negociados são os mesmos que foram considerados nos casos anteriores.

Os valores determinados na tabela anterior ainda não contabilização a dedução da taxa de IVA. Visto ser uma situação de substituição de um sistema a gás natural, o efeito do IVA é relevante.

De seguida, apresenta-se uma tabela apenas contendo os valores dos contratos ESCO do tipo shared savings (1ª e 2ª modalidades), onde foi tido em conta o efeito da taxa de IVA.

Os dados afectados por esta taxa são expostos, de forma detalhada, também através de uma tabela.

Esta análise merece destaque e repetição, uma vez que a taxa de dedução para este caso tem grande influência.

Tabela 6.26: Custos de operação e leasing do sistema a *pellets* proposto para o Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.

CUSTOS OPERACIONAIS RELATIVOS AO SISTEMA A PELLETS	
MANUTENÇÃO (€)	1000
CONSULTORIA (€)	2000
DRIVING COSTS (€)	2500
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (€) (necessário apenas no 1ºano)	5000
TOTAL (€)	10500
CUSTOS DE LEASING E SEGURO (Duração de 10 anos)	
ENTRADA (15% DO INVESTIMENTO INICIAL) (€)	13950
LEASING (VALOR TOTAL NOS 10 ANOS) (€)	79050
PRESTAÇÃO ANUAL DE LEASING (€)	9604
PRESTAÇÃO ANUAL DO SEGURO (€)	930
TAXA DE JURO (%)	4

Contrariamente ao gás propano, o gás natural é taxado ao IVA de 5 %. Este facto tem grande impacto, como já atrás foi referido, já que a taxa aplicada sobre os *pellets* é 20 %.

Mais um vez, e tendo sido contabilizada a taxa de IVA, os valores obtidos para os índices económicos dos contratos ESCO propostos para o caso da Piscina Privada são muito favoráveis e transmitem segurança e viabilidade para o avanço do projecto proposto.

6.4 Caso 4: Piscina situada no Nordeste Transmontano

6.4.1 Sistema Actual e Proposta de Sistema a *Pellets*

No quarto caso de estudo, o sistema actual de produção de calor é composto por uma caldeira a gás propano.

Foi estudada e proposta a hipótese de um sistema a *pellets*.

De seguida apresentam-se todos os dados considerados relevantes.

6.4.2 Sistema a *Pellets*: Contratos ESCO

6.5 Caso 5: Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa

Neste quinto caso de estudo, o actual sistema de produção de calor é constituído por uma caldeira a gás natural.

Foi estudada e proposta a hipótese de um sistema a *pellets*.

De seguida apresentam-se todos os dados considerados relevantes.

Tabela 6.27

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	466.171,50
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	236.573,25
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	236.573,25
TIR (%)	320%
NPV (€)	139.795,35 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	466.171,50
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	280.226,03
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	191.176,73
TIR (%)	508%
NPV (€)	113.928,78 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	466.171,50
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	182.489,39
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	283.682,11
TIR (%)	368%
NPV (€)	170.148,04 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

6.5.1 Sistema Actual e Proposta de Sistema a Pellets

No quinto caso de estudo, o sistema actual de produção de calor é composto por uma caldeira a gás propano.

Foi estudada e proposta a hipótese de um sistema a *pellets*.

De seguida são apresentados os dados considerados relevantes.

6.6 Análise das tarifas

Neste ponto será apresentada uma tabela contendo os valores das tarifas do actual sistema (gás natural ou gás propano) e do sistema a *pellets*.

Pretende-se demonstrar a evolução e, mais uma vez, a viabilidade de um sistema que utiliza *pellets* como combustível.

A vantagem será mais notória em casos que usam gás propano como combustível do actual sistema. Mesmo assim, e em situações em que é utilizado o gás natural, também se verificam ganhos.

Foram considerados dois casos distintos, um sem afectação de IVA e outro contabilizando esta mesma.

Tabela 6.28: Dados sobre o Sistema Solar Térmico considerado no projecto do Lar Residencial de Idosos no Grande Porto.

PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS DE CIRCULAÇÃO FORÇADA	
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	64400
ÁREA (m2)	92
CUSTO TOTAL (€)	34000

De acordo com os dados apresentados nas duas tabelas apresentadas anteriormente conclui-se, mais uma vez, que um sistema a *pellets* tem viabilidade económica como solução de aquecimento, aqui demonstrada através da tarifa.

A vantagem da solução a *pellets* é mais reforçada em sistemas que utilizam gás propano como combustível já que neste caso a tarifa é superior e ao mesmo tempo a taxa de dedução do IVA é igual à aplicada sobre os *pellets*.

Relativamente aos sistemas a gás natural existe vantagem mas com valores percentuais de redução inferiores. Isto deve-se em grande parte a dois factores: tarifa mais competitiva e diferente taxa de dedução de IVA aplicada.

Tabela 6.29: Comparação entre o custo total anual do Sistema a *Pellets* e o custo total anual do Sistema Híbrido.

COMPARAÇÃO ENTRE CUSTOS ANUAIS DO SISTEMA A <i>PELLETS</i> E SISTEMA HÍBRIDO: TERMO COMPARATIVO → CUSTO ANUAL DO SISTEMA DE CALDEIRA A <i>PELLETS</i> PARA OS DOIS CASOS	
CUSTO TOTAL ANUAL SISTEMA A <i>PELLETS</i> (€/ano)	30.186,05
CUSTO TOTAL ANUAL SISTEMA HÍBRIDO (€/ano)	28.651,16
POUPANÇA COM O SISTEMA HÍBRIDO (€/ano)	1.534,88

Tabela 6.30: Contratos ESCO propostos ao Lar Residencial de Idosos situado no Grande Porto.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	435.410,34
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	217.705,17
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	217.705,17
TIR (%)	223 %
NPV (€)	129.361,52 €
CUSTO CAPITAL (%)	10 %
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	435.410,34
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	272.676,20
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	181.784,14
TIR (%)	353 %
NPV (€)	106.346,71 €
CUSTO CAPITAL (%)	10 %
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA HÍBRIDO: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	435.410,34
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	37.841,10
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	397.569,24
TIR (%)	391 %
NPV (€)	239.143,62 €
CUSTO CAPITAL (%)	10 %

Tabela 6.31: Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Piscina Privada situada no Grande Porto.

SISTEMA ACTUAL COMPOSTO POR UMA CALDEIRA A GÁS NATURAL	
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1.962.500,92
CUSTO TOTAL ANUAL EM GÁS NATURAL (€/ano)	85.553,98
TARIFA DO GÁS NATURAL (€/kWht)	0,04359
SISTEMA PROPOSTO CONSTITUÍDO POR UMA CALDEIRA A PELLETS	
POTÊNCIA DA CALDEIRA (kW)	500
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1.962.500,92
CUSTO TOTAL ANUAL EM PELLETS (€/ano)	53.585,37
CUSTO PELLETS (€/ton)	130
INVESTIMENTO INICIAL PARA O SISTEMA DE CALDEIRA A PELLETS	
EQUIPAMENTO (Caldeira+Sistema de tubagens) (€)	52150
SET UP E INSTALAÇÃO (Silo+alimentador)(€)	25000
OUTROS CUSTOS (Projecto técnicos de especialidade, etc.) (€)	18000
TOTAL (€)	95150

Tabela 6.32: Custos de operação e leasing do sistema a pellets proposto para uma Piscina Privada situada no Grande Porto.

CUSTOS OPERACIONAIS RELATIVOS AO SISTEMA A PELLETS	
MANUTENÇÃO (€)	1500
CONSULTORIA (€)	2000
DRIVING COSTS (€)	2500
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO (necessário apenas no 1ºano) (€)	5000
TOTAL (€)	11000
CUSTOS DE LEASING E SEGURO (Duração de 10 anos)	
ENTRADA (15% DO INVESTIMENTO INICIAL) (€)	14272,5
LEASING (VALOR TOTAL NOS 10 ANOS) (€)	80877,5
PRESTAÇÃO ANUAL DE LEASING (€)	9826
PRESTAÇÃO ANUAL DO SEGURO (€)	952
TAXA DE JURO (%)	4

Tabela 6.33: Contratos ESCO propostos à Piscina Privada situada no Grande Porto.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	132.637,20
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	69.886,72
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	69.886,72
TIR (%)	90%
NPV (€)	37.261,99 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	132.637,20
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	80.117,54
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	57.871,85
TIR (%)	138%
NPV (€)	31.950,47 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	132.637,20
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	57.029,24
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	75.607,96
TIR (%)	90%
NPV (€)	42.233,32 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.34: Dados do contrato ESCO para Sistema a Pellets do tipo Shared Savings (1ª e 2ª modalidades) com dedução da taxa de IVA.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: EFEITO DO IVA CONSIDERADO 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	53.314,76
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	30.707,68
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	30.707,68
TIR (%)	35%
NPV (€)	12.372,77 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: EFEITO DO IVA CONSIDERADO 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	53.314,76
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	32.596,40
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	26.793,81
TIR (%)	53%
NPV (€)	12.328,40 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.35: Efeito do IVA sobre os custos dos contratos considerados.

CUSTOS ANUAIS AFECTADOS (€)	VALOR (€) SEM IVA	TAXA DE IVA (%) APLICADA	VALOR(€) COM IVA
CUSTO DO GÁS NATURAL	85.553,98	5	89.831,68
CUSTO DE EQUIPAMENTO (INVESTIMENTO INICIAL)	52150	12	58408
CUSTO DE SET UP E INSTALAÇÃO (INVESTIMENTO INICIAL)	25000	12	28000
OUTROS CUSTOS (INVESTIMENTO INICIAL)	18000	20	21600
CUSTOS DE OPERAÇÃO	11000	20	13200
CUSTO DE LEASING	9826	20	11.791,37
CUSTO DE SEGURO	952	20	1.141,80
CUSTO ANUAL EM PELLETS	53.585,37	20	64.302,44

Tabela 6.36: Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Piscina situada no Nordeste Transmontano.

SISTEMA ACTUAL COMPOSTO POR UMA CALDEIRA A GÁS PROPANO	
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1.190.008,19
CUSTO TOTAL ANUAL EM GÁS PROPANO (€/ano)	89.403,87
TARIFA DO GÁS PROPANO (€/kWt)	0,07513
SISTEMA PROPOSTO CONSTITUÍDO POR UMA CALDEIRA A PELLETS	
POTÊNCIA DA CALDEIRA (kW)	300
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	1190008,19
CUSTO TOTAL ANUAL EM PELLETS (€/ano)	38.560,98
CUSTO PELLETS (€/ton)	155
INVESTIMENTO INICIAL PARA O SISTEMA DE CALDEIRA A PELLETS	
EQUIPAMENTO (Caldeira+Sistema de tubagens) (€)	41800
SET UP E INSTALAÇÃO (Silo+alimentador)(€)	22000
OUTROS CUSTOS (Projecto técnicos de especialidade, etc.) (€)	15000
TOTAL (€)	78800

Tabela 6.37: Contratos ESCO propostos à Piscina situada no Nordeste Transmontano.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	352.352,15
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	179.131,08
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	179.131,08
TIR (%)	281%
NPV (€)	105.237,43 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 75% CLIENTE 25% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	352.352,15
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	211.854,54
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	144.930,11
TIR (%)	444%
NPV (€)	85.962,94 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%
CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: GUARANTEED SAVINGS 5% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	352.352,15
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	211.854,54
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	144.930,11
TIR (%)	96%
NPV (€)	45.305,60 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.38: Dados do sistema actual, sistema proposto e investimento inicial para uma Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.

SISTEMA ACTUAL COMPOSTO POR UMA CALDEIRA A GÁS NATURAL	
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	15.482.248,80
CUSTO TOTAL ANUAL EM GÁS NATURAL (€/ano)	433.502,97
TARIFA DO GÁS NATURAL (€/kWht)	0,028
SISTEMA PROPOSTO CONSTITUÍDO POR UMA CALDEIRA A PELLETS	
POTÊNCIA DA CALDEIRA (kW)	1600 (2 x 800)
PRODUÇÃO TOTAL ANUAL (kWt/ano)	15.482.248,80
CUSTO TOTAL ANUAL EM PELLETS (€/ano)	385.440,00
CUSTO PELLETS (€/ton)	110
INVESTIMENTO INICIAL PARA O SISTEMA DE CALDEIRA A PELLETS	
EQUIPAMENTO (Caldeira+Sistema de tubagens) (€)	129880
SET UP E INSTALAÇÃO (Silo+alimentador)(€)	65000
OUTROS CUSTOS (Projecto técnicos de especialidade, etc.) (€)	17000
TOTAL (€)	211880

Tabela 6.39: Contratos ESCO propostos à Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 1ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 50 % CLIENTE 50 % ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS E INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	122.051,10
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	68.971,05
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	68.971,05
TIR (%)	41%
NPV (€)	29.897,72 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.40: (Continuação) Contratos ESCO propostos à Indústria de Secagem de sub-produtos situada na região do Vale do Sousa.

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: 2ª MODALIDADE SHARED SAVINGS: 60% CLIENTE 40% ESCO NAS POUPANÇAS LÍQUIDAS, 65% CLIENTE 35% ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	122.051,10
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	78.871,97
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	57.639,95
TIR (%)	46%
NPV (€)	25.507,28 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

CONTRATO ESCO PARA SISTEMA A PELLETS: GUARANTEED SAVINGS 2% DE POUPANÇA GARANTIDA AO CLIENTE, 50 % CLIENTE 50 % ESCO NO INVESTIMENTO INICIAL	
POUPANÇA LÍQUIDA TOTAL (€)	122.051,10
POUPANÇA LÍQUIDA DO CLIENTE (€)	70.809,59
POUPANÇA LÍQUIDA DA ESCO (€)	51.241,51
TIR (%)	30%
NPV (€)	22.412,68 €
CUSTO CAPITAL (%)	10%

Tabela 6.41: Análise de tarifas para os diferentes casos de estudo sem dedução da taxa de IVA.

ANÁLISE SEM IVA	Combustível Actual	Tarifa Actual (€/kWh)	Tarifa Proposta (€/kWh)	Desvio (€/kWh)	Percentagem de redução da tarifa (%)
Lar Residencial de Idosos (Região de Leiria)	Gás natural	0,0344	0,022	0,0125	36,26%
Lar Residencial de Idosos (Grande Porto)	Gás propano	0,0691	0,022	0,0471	68,14%
Piscina Privada (Grande Porto)	Gás natural	0,0436	0,0273	0,0163	37,37%
Piscina (Nordeste Transmontano)	Gás propano	0,0751	0,0324	0,0427	56,87%
Indústria (Vale do Sousa)	Gás natural	0,0280	0,0249	0,0031	11,09%

Tabela 6.42: Análise de tarifas para os diferentes casos de estudo com dedução da taxa de IVA.

ANÁLISE SEM IVA	Combustível Actual	Tarifa Actual (€/kWh)	Tarifa Proposta (€/kWh)	Desvio (€/kWh)	Percentagem de redução da tarifa (%)
Lar Residencial de Idosos (Região de Leiria)	Gás natural	0,0362	0,0263	0,0098	27,15%
Lar Residencial de Idosos (Grande Porto)	Gás propano	0,0829	0,0264	0,0565	68,14%
Piscina Privada (Grande Porto)	Gás natural	0,0458	0,0328	0,0130	28,42%
Piscina (Nordeste Transmontano)	Gás propano	0,0902	0,0389	0,0513	56,87%
Indústria (Vale do Sousa)	Gás natural	0,0280	0,0249	0,0031	11,09%

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos Futuros

Na actual conjuntura do sector energético, observa-se um crescente cuidado com o uso racional da energia. Torna-se imperativo que a população mundial assimile esta ideia para que se garanta um futuro sustentável no sector energético. É necessário tomar medidas eficazes para combater as alterações climáticas.

Neste documento, o principal objectivo foi promover uma solução eficiente para a produção de calor baseada numa energia renovável, de forma a reduzir o consumo de energia a partir de combustíveis fósseis, e com um custo menor, garantindo os níveis de conforto exigíveis na sociedade actual.

Infelizmente, o uso de pellets como combustível trata-se de uma fonte de energia ainda pouco conhecida pela população em geral. Espera-se que este documento possa contribuir, de alguma forma, para alterar esta situação.

A aposta nesta fonte de energia pode servir como um incentivo aos investimentos em zonas mais desfavorecidas, como é o caso das regiões interiores, o que possibilita a criação de oportunidades de emprego, contribuindo para o repovoamento do interior do país e contrariando o êxodo rural.

Nestes sistemas de produção de calor, utiliza-se uma tecnologia avançada o que implica um investimento inicial, geralmente, impraticável para o proprietário da instalação.

É neste contexto que surge o conceito ESCO, que permite a realização do projecto sem necessidade do investimento total por parte do proprietário. As empresas ESCO estabelecem contratos de desempenho energético com o cliente, com elevado detalhe técnico e financeiro, garantindo um acordo que é proveitoso para as duas partes.

Os EPC, *Energy Performance Contracts*, são um tipo de contrato ESCO que apresenta uma grande flexibilidade. Esta característica torna-os bastante interessantes, seduzindo o cliente.

Alguns aspectos do contrato, tais como a duração e percentagens relativas a poupanças ou investimentos, podem ser negociados de forma a ser alcançado um acordo que satisfaça

plenamente ambas as partes. Por outro lado, não é possível definir estes aspectos à priori, uma vez que cada caso tem características próprias.

O processo negocial entre a empresa ESCO e o cliente torna-se rápido e eficaz permitindo, desde logo, uma poupança no tempo de negociações. Foi demonstrada a importância de um contrato ESCO na implementação de um sistema a pellets.

As diversas instalações usadas na análise económica desenvolvida são sobretudo constituídas por sistemas a gás natural ou a gás propano. Actualmente, as instalações que possuem sistemas de produção de calor usam, na maioria dos casos, estes combustíveis fósseis. Contudo, existem ainda algumas que usam gasóleo como fonte de energia. Neste último caso, o benefício económico da implementação de um sistema a pellets seria ainda mais evidente. Contudo, não foi efectuada uma análise económica desta situação.

Saliente-se também a importância evidenciada pela empresa ESCO no que diz respeito à negociação do fornecimento de pellets. Este é garantido pela ESCO, que negocia com os fornecedores de pellets, em representação da sua carteira de clientes. Isto significa uma grande quantidade de combustível, diminuindo o seu preço. A ESCO, dada a sua especialização, negocia arduamente para garantir as melhores condições de fornecimento, a médio/longo prazo, com um preço aceitável. Assim, existe sempre uma margem de ganho em relação a possíveis variações dos preços dos combustíveis fósseis.

A análise efectuada aos sistemas de produção de calor a pellets foi exclusivamente económica. Ainda assim, durante todo o processo negocial das várias instalações, foi possível concluir que existem alguns problemas directamente ligados ao armazenamento dos pellets. A maior dificuldade prende-se com o espaço necessário para a instalação do silo onde estes são armazenados.

O principal desiderato deste trabalho era mostrar, através de contratos ESCO, que o projecto de um sistema de produção a calor a pellets apresenta viabilidade económica.

Foram considerados vários casos com sistemas a gás natural e gás propano para que fosse efectuada uma análise económica exaustiva sobre a viabilidade de uma possível substituição por um sistema a pellets.

Estudaram-se todos os custos envolvidos na implementação de um projecto desta natureza. Elaboraram-se vários contratos ESCO, com a duração de 10 anos, de forma a alcançar a solução óptima.

Os resultados obtidos permitem concluir facilmente que a implementação de um sistema a pellets apresenta grandes vantagens económicas. Este facto mostrou-se mais evidente em instalações que usavam gás propano como fonte de energia. Isto deve-se essencialmente a dois factores: tarifa e taxa de dedução de IVA.

Por outro lado, em instalações cujo combustível era o gás natural, os resultantes não evidenciaram o mesmo grau de superioridade. Isto deve-se, em grande medida, à taxa de dedução de IVA aplicada ao gás natural. Esta é de apenas 5 %, enquanto que os pellets, sendo uma fonte de origem renovável, apresentam uma taxa de IVA de 20 %.

isto para entidades públicas que não têm capacidade de recuperar os valores provenientes da aplicação desta taxa. Na actual conjuntura de promoção das energias renováveis, esta situação aparenta ser um contra-senso. Numa perspectiva futura, seria interessante uma medida governamental que permitisse uma reformulação da taxa de dedução do IVA, de acordo com o combustível utilizado.

Outra medida que poderá solucionar esta situação, com especial interesse para as entidades públicas, prende-se com a criação de uma parceria público-privada. Isto consiste na criação de uma nova entidade/empresa quer será responsável pelo desenvolvimento de cada projecto, sob a forma de Agrupamentos Complementares de Empresas (ACE) ou Contratos de Parceria Público Privadas (CPPP), desde que os seus constituintes sejam uma PME. De qualquer forma, ficou também provado que existe viabilidade económica para a substituição de um sistema a gás natural por um sistema a pellets. Aliás, os índices económicos como a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e *New Project Value* (NPV) apresentam bons valores, que transmitem confiança relativamente à implementação do projecto.

Para aumentar o leque de opções, foi ainda considerado um sistema híbrido (sistema a pellets mais um sistema solar térmico) e um sistema de cogeração como alternativas para as instalações em estudo.

Na comparação com o sistema híbrido, foi obtido um resultado inesperado, mas que veio contribuir para a valorização da solução a pellets, uma vez que os resultados económicos mostraram que este é mais vantajoso que o sistema híbrido. Isto deve-se à baixa produção anual do sistema solar térmico, bem como o elevado preço deste equipamento e da sua instalação.

Na análise comparativa entre os três sistemas mencionados, a cogeração revelou-se ainda menos interessante, apresentando elevado investimento inicial quando comparado com as poupanças líquidas anuais alcançadas.

O acompanhamento exaustivo da negociação de contratos ESCO com base em soluções de aquecimento a pellets permitiu concluir que seria de extrema utilidade o desenvolvimento de uma ferramenta de software que, partindo das características de produção e consumo de um dado sistema de calor, efectuasse de forma automatizada a análise económica comparativa deste com o sistema a pellets e dimensionasse este último, para uma possível instalação.

Referências

- [1] Intercional Energy Association. Acesso em <http://www.iea.org/>, em Março de 2009.
- [2] Energy Information Administration. World projections plus (2008). Acesso em <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/highlights.pdf>, em Março de 2009.
- [3] Agência Internacional de Energia Portugal. Acesso em <http://aie.ineti.pt/>, em Março de 2009.
- [4] Direcção Geral de Energia e Geologia. Renováveis, estatísticas rápidas, Março 2009. Acesso em <http://www.selfenergy.eu>, em Maio de 2009.
- [5] Ecoprogresso. Biomassa em edifícios. Acesso em Junho de 2009.
- [6] Imagem Obtida em http://i.ehow.com/images/GlobalPhoto/Articles/2141548/WoodPellet-main_Full.jpg, em Maio de 2009.
- [7] Ilídio José Gomes Loução. Valorização da biomassa florestal, proveniente da doença de nemátodo de pinheiro, para produção de pellets, 2008. Acesso em Maio de 2009.
- [8] Wood pellet heating guidebook, 2004. Acesso em http://www.mass.gov/Eoeea/docs/doer/publications/doer_pellet_guidebook.pdf, em Junho de 2009.
- [9] IEA Bioenergy. Global wood pellets markets and industry: Policy drivers, market status and raw material potential, Novembro 2007. Acesso em Maio de 2009.
- [10] Imagem obtida em <http://www.fao.org.>, em Junho de 2009.
- [11] Imagem obtida em <http://www.totalenergygroup.com/tegmill.html>, em Junho de 2009.
- [12] Imagem obtida em <http://www.agitc.cn/pellet-press.htm>, em Junho de 2009.
- [13] Lennart Ljungblom. The pellets map. Acesso em Junho de 2009.
- [14] Imagem obtida em <http://www.woodpelletsexperts.com/costcompare.html>, em Junho de 2009.

- [15] Europe's Energy Portal. Acesso em <http://www.energy.eu>., em Junho de 2009.
- [16] Imagem obtida em <http://www-gestao.blogs.sapo.pt/2008/04/17>, em Junho de 2009.
- [17] Herz. Acesso em <http://www.herz.com.pl>, em Junho de 2009.
- [18] Centro de Biomassa para Energia. Aquecimento a biomassa em grandes edifícios, 2002. Acesso em Maio de 2009.
- [19] Intelligent Energy Europe. How do business with woody biomass. Acesso em <http://www.5eures.eu.com>, em Junho de 2009.
- [20] Rui Miguel da Silva Azevedo. Desenvolvimento de um sistema de ajuda à negociação de contratos de performance para medidas de eficiência energética. Technical report, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Julho 2009.
- [21] C. Monteiro. Market mechanisms for promoting dsm esco - energy service companies. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Acesso em Junho de 2009.
- [22] Vimasol. Acesso em <http://www.vimasol.pt/n/i/15>, em Junho de 2009.
- [23] Hoval STU Wood Pellet Boiler. Acesso em <http://www.hoval.co.uk>, em Junho de 2009.
- [24] Biocalora. Acesso em <http://www.biocalora.com/>, em Junho de 2009.
- [25] Projecto "GREENPRO". Bioenergia, manual sobre tecnologias, projecto e instalação, 2004. Acesso em Maio de 2009.
- [26] Dicionário Informal. Acesso em www.dicionarioinformal.com, em Junho de 2009.
- [27] Wikipédia. Acesso em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lignina>, em Junho de 2009.
- [28] Internacional Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW). Acesso em http://www.facts-on-nuclear-energy.info/download/pt_6a4.pdf, em Março de 2009.
- [29] Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Acesso em www.dgge.pt, em Março de 2009.
- [30] Agência Portuguesa do Ambiente. Acesso em <http://www.iambiente.pt/rea99/docs/01indicad.pdf>, em Março de 2009.
- [31] Portal do Governo. Acesso em <http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT>, em Março de 2009.
- [32] The Kyoto Protocol. Acesso em <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>, em Março de 2009.

- [33] Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. Plano de acção para a promoção da energia sustentável no norte de portugal, Dezembro 2008.
- [34] Portal das Energias Renováveis. Acesso em <http://www.energiasrenovaveis.com/>, em Março de 2009.
- [35] Self Energy. Acesso em <http://www.selfenergy.eu>, em Junho de 2009.
- [36] Hélder Leite. Aproveitamento energético da biomassa. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, disponível em <http://www.fe.up.pt>, acedido a última vez em Maio de 2009.
- [37] Waldir A. Bizzo. Tecnologias da biomassa para conversão de energia, 2007. Universidade Estadual de Campinas, acedido a última vez em Maio de 2009.
- [38] EUR-Lex. Acesso em <http://eur-lex.europa.eu>, em Maio de 2009.
- [39] Universidade de Évora. Biomassa florestal - novas técnicas de aproveitamento e produção de biocombustíveis, Novembro 2006. Acesso em Maio de 2009.
- [40] Dina Anastácio Cristina Santos António Leite. Enquadramento na política florestal nacional da valorização da biomassa florestal como energia alternativa. Acesso em Maio de 2009.
- [41] M. Cantelli R. S. Dantas. Alternativas renováveis para geração de energia: Caldeiras a biomassa a partir de combustíveis sólidos. Faculdade de Engenharia - FENG/PUCRS, acedido a última vez em Maio de 2009.
- [42] Bioenergia natal. Acesso em <http://www.bioenergianatal.com.br/processo-compactacao.php>, em Maio de 2009.
- [43] Associação Nacional de Recuperação e Reciclagem de Resíduos de Embalagens de Madeira. Acesso em <http://www.embar.pt>, em Maio de 2009.
- [44] European Committee for Standardization. Energy management, 2005. Acesso em <http://www.cen.eu>, em Maio de 2009.
- [45] PrestEnergia. Acesso em <http://www.prestenergia.com>, em Maio de 2009.
- [46] Japan Pellet Club. Acesso em <http://www.pelletclub.jp/en/pellet/about.html>, em Junho de 2009.
- [47] Revista Spiegel. Acesso em <http://www.spiegel.de/>, em Junho de 2009.
- [48] Biobriquete. Acesso em <http://www.biobriquete.pt>, em Junho de 2009.
- [49] Wood Resources Quarterly's. Acesso em <http://www.wri-ltd.com/wrquarterly.html>, em Junho de 2009.
- [50] G.P. Horgan. Wood energy economics. Acesso em Maio de 2009.
- [51] Centro da Biomassa. Acesso em <http://www.centrodabiomassa.pt>, em Junho de 2009.

- [52] Grupo Enerpelgy. Acesso em <http://www.enerpelgy.pt/grupo.html>, em Junho de 2009.
- [53] AICEP Portugal Global. Acesso em <http://www.portugalglobal.pt>, em Junho de 2009.
- [54] Certificação Energética. Acesso em <http://www.certificacaoenergetica.com>, em Junho de 2009.
- [55] IAPMEI. Acesso em <http://www.iapmei.pt>, em Junho de 2009.
- [56] Energenium. Acesso em <http://www.energenium.pt/>, em Junho de 2009.
- [57] Portal das Finanças. Acesso em <http://www.portaldasfinancas.gov.pt/>, em Junho de 2009.
- [58] Centro de Biomassa para Energia. Combustíveis lenhosos para aquecimento de edifícios residenciais, 2002. Acesso em Maio de 2009.
- [59] National Renewable Energy Laboratory. Heat your water with the sun. Acesso em <http://www.nrel.gov>, em Junho de 2009.
- [60] DGE e INETI ADENE. Água quente solar para portugal. Acesso em <http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes>, em Junho de 2009.
- [61] Hotel Albergaria El-Rei Dom Manuel. Acesso em <http://www.turismarvao.pt/>, em Junho de 2009.
- [62] MAWERA Pellet Boilers. Acesso em <http://www.sei.ie>, em Junho de 2009.
- [63] German Capital Region. The energy and environmental industry. Acesso em <http://www.businesslocationcenter.de>, em Junho de 2009.

Anexo A

Do processo de determinação da potência da caldeira e custo total anual em pellets

Anexo B

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)

Figura B.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade).

Anexo C

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade)

Figura C.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade).

Anexo D

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*

Figura D.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*.

Figura D.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*.

Anexo E

**Lar Residencial de Idosos situado na
Região de Leiria Contrato ESCO do
tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)
com dedução de IVA**

[illegible]

Figura E.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) com contabilização do efeito do IVA.

Anexo F

**Lar Residencial de Idosos situado na
Região de Leiria Contrato ESCO do
tipo *Shared Savings* (2ª modalidade)
com dedução de IVA**

Figura F.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) com contabilização do efeito do IVA.

Figura F.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) com contabilização do efeito do IVA.

Anexo G

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) SISTEMA DE COGERAÇÃO

[illegible]

Figura G.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) (Sistema de Cogeração).

Anexo H

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) SISTEMA DE COGERAÇÃO

LAR RESIDENCIAL DE IDOSOS SITUADO NA REGIÃO DE LEIRIA, CONTRATO ESCO DO TIPO SHARED SAVINGS (2ª MODALIDADE)											
SISTEMA DE COGERAÇÃO 60/40 NA POUANÇA LÍQUIDA, 75/25 NO INVESTIMENTO INICIAL											
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
(+)Poupança Bruta		35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00	35.200,00
(-)Leasing		8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00	8.757,00
(-)Seguro		848,00	848,00	848,00	848,00	848,00	848,00	848,00	848,00	848,00	848,00
(-)Manutenção		8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00	8.500,00
(-)Consultoria		2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00
(-)Driving costs		4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00	4.200,00
(-)Diagnóstico energético		5.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Poupança Líquida		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23.500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash-flow Cliente	-16.245,00	5.395,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00	-13.105,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00
Cash-flow ESCO	-12.183,75	3.237,00	6.237,00	6.237,00	6.237,00	6.237,00	-7.863,00	6.237,00	6.237,00	6.237,00	6.237,00
	-4.061,25	2.158,00	4.158,00	4.158,00	4.158,00	4.158,00	-5.242,00	4.158,00	4.158,00	4.158,00	4.158,00
Acumulado Cliente	-12.183,75	-8.946,75	-2.709,75	3.327,25	9.764,25	16.001,25	8.138,25	14.375,25	20.612,25	26.849,25	33.086,25
Acumulado Fornecedor	-4.061,25	-1.903,25	2.254,75	6.412,75	10.570,75	14.728,75	9.486,75	13.644,75	17.802,75	21.960,75	26.118,75
TIR	75%									Total s/Entrada	Total c/Entrada
NPV	14.363,62 €									75.450,00	59.205,00
Custo capital	10%									Cliente s/Entrada	Cliente c/Entrada
										45.270,00	33.086,25
										ESCO s/Entrada	ESCO c/Entrada
										180,00	26.118,75

Figura H.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) (Sistema de Cogeração).

Anexo I

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings* SISTEMA DE COGERAÇÃO

Figura I.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings* (Sistema de Cogeração).

Figura I.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings* (Sistema de Cogeração).

Anexo J

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) SISTEMA HÍBRIDO

[illegible]

Figura J.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) (Sistema Híbrido).

Anexo K

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) SISTEMA HÍBRIDO

[illegible]

Figura K.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) (Sistema Híbrido).

Anexo L

Lar Residencial de Idosos situado na Região de Leiria Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings* SISTEMA DE HÍBRIDO

[illegible]

Figura L.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings* (Sistema Híbrido).

Anexo M

Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)

[illegible]

Figura M.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade).

Anexo N

Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade)

[illegible]

Figura N.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade).

Anexo O

Lar Residencial de Idosos situado na Região do Grande Porto Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*

Figura O.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*.

Figura O.1: Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*.

Anexo P

Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)

[illegible]

Figura P.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) (Piscina Privada).

Anexo Q

Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade)

[illegible]

Figura Q.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) (Piscina Privada).

Anexo R

Piscina Privada situada na Região de Porto Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*

Anexo S

Piscina situada no Nordeste Transmontano Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)

Figura S.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) (Piscina Nordeste Transmontano).

Figura S.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade) (Piscina Nordeste Transmontano).

Anexo T

Piscina situada no Nordeste

**Transmontano Contrato ESCO do tipo
Shared Savings (2ª modalidade)**

[illegible]

Figura T.1: Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade) (Piscina Nordeste Transmontano).

Anexo U

Piscina situada no Nordeste

Transmontano Contrato ESCO do tipo
Guaranteed Savings

Anexo V

Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (1ª modalidade)

Anexo W

Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo *Shared Savings* (2ª modalidade)

Anexo X

Indústria situado no Vale de Sousa Contrato ESCO do tipo *Guaranteed Savings*

